



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA CHEMICKÁ

ÚSTAV CHEMIE A TECHNOLOGIE OCHRANY
ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ

FACULTY OF CHEMISTRY

INSTITUTE OF CHEMISTRY AND TECHNOLOGY OF
ENVIRONMENTAL PROTECTION

METEOROLOGICKÉ FAKTORY OVLIVŇUJÍCÍ ŠÍŘENÍ KONTAMINOVANÉHO OVZDUŠÍ

METEOROLOGICAL FACTORS INFLUENCING SPREAD OF CONTAMINATED AIR PARCELS

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

VERONIKA ŠKOPOVÁ

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. FRANTIŠEK HUDEC, CSc.

BRNO 2011



Vysoké učení technické v Brně
Fakulta chemická
Purkyňova 464/118, 61200 Brno 12

Zadání bakalářské práce

Číslo bakalářské práce:	FCH-BAK0563/2010	Akademický rok: 2010/2011
Ústav:	Ústav chemie a technologie ochrany životního prostředí	
Student(ka):	Veronika Škopová	
Studijní program:	Ochrana obyvatelstva (B2825)	
Studijní obor:	Krizové řízení a ochrana obyvatelstva (2804R002)	
Vedoucí práce	Ing. František Hudec, CSc.	
Konzultanti:		

Název bakalářské práce:

Meteorologické faktory ovlivňující šíření kontaminovaného ovzduší

Zadání bakalářské práce:

Vliv kontaminovaného ovzduší na životní prostředí. Hlavní potenciální zdroje kontaminace ovzduší v ČR. Vliv meteorologických podmínek na stabilitu a šíření kontaminované látky v ovzduší. Legislativní rámec a systém ochrany před šířením nebezpečných látek v ovzduší v ČR (EU).

Termín odevzdání bakalářské práce: 6.5.2011

Bakalářská práce se odevzdává ve třech exemplářích na sekretariát ústavu a v elektronické formě vedoucímu bakalářské práce. Toto zadání je přílohou bakalářské práce.

Veronika Škopová
Student(ka)

Ing. František Hudec, CSc.
Vedoucí práce

doc. Ing. Josef Čáslavský, CSc.
Ředitel ústavu

V Brně, dne 31.1.2011

prof. Ing. Jaromír Havlica, DrSc.
Děkan fakulty

ABSTRAKT

Bakalářská práce se zabývá různými meteorologickými faktory ovlivňujícími šíření kontaminovaného ovzduší. Ukazuje na hlavní zdroje kontaminace ovzduší v České republice. V práci jsou vysvětleny vlivy meteorologických podmínek na stabilitu a šíření kontaminované látky v ovzduší. Bakalářská práce se také zabývá vlivem kontaminovaného ovzduší na životní prostředí a systémem ochrany před šířením nebezpečných látek v ovzduší.

ABSTRACT

Bachelor thesis deals with the meteorological factors influencing spread of contaminated atmosphere. This thesis shows the main sources of the contamination of atmosphere in the Czech Republic. There are explained the factors of meteorological condition of stability and of spread contaminated materials in the atmosphere. It is engaged in factors of contaminated atmosphere to the environment and system of protection against spread of hazardous substances in the atmosphere.

KLÍČOVÁ SLOVA:

meteorologické faktory, úniky nebezpečných látek, šíření kontaminovaného ovzduší

KEYWORDS:

meteorological factors, spills of hazardous substances, spread of contaminated atmosphere

ŠKOPOVÁ, V. *Meteorologické faktory ovlivňující šíření kontaminovaného ovzduší*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta chemická, 2011. 44 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. František Hudec, CSc..

PROHLÁŠENÍ:

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracovala samostatně a že všechny použité literární zdroje jsem správně a úplně citovala. Bakalářská práce je z hlediska obsahu majetkem Fakulty chemické VUT v Brně a může být využita ke komerčním účelům jen se souhlasem vedoucího a děkana FCH VUT.

.....
podpis studenta

Poděkování:

Velmi ráda bych poděkovala svému vedoucímu bakalářské práce, panu Ing. Františku Hudcovi, CSc. za odborné vedení práce.

OBSAH

1	ÚVOD.....	7
2	ZÁKLADNÍ POJMY A DEFINICE	8
2.1.1	Mimořádná událost	8
2.1.2	Krizová situace	8
2.1.3	Integrovaný záchranný systém	8
2.1.4	Meteorologie.....	8
2.1.5	Meteorologické podmínky.....	8
2.1.6	Základní meteorologické prvky	8
2.1.7	Ochranná maska	9
2.1.8	Prostředky kolektivní ochrany.....	9
2.1.9	Obdržená dávka	9
2.1.10	Detekce	9
2.1.11	Detektor	9
2.1.12	Nebezpečná chemická látka.....	9
2.1.13	Ohrožení průmyslovými toxickými látkami.....	9
2.1.14	Izotermie.....	9
2.1.15	Konvekce	10
2.1.16	Teplotní inverze.....	10
2.2	Český hydrometeorologický ústav (ČHMÚ).....	11
2.3	Předpovědní a výstražná služba ČHMÚ (PVS) a její zapojení do systému včasného varování	11
3	VLIV KONTAMINOVANÉHO OVZDUŠÍ NA ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ.....	12
3.1	Následky znečištění ovzduší.....	12
3.1.1	Klimatické změny.....	12
3.1.2	Kyselá atmosférická depozice (kyselé deště)	12
3.1.3	Smog.....	13
3.1.4	Zimní smog.....	13
3.1.5	Letní smog	13
3.1.6	Poškozování ozonové vrstvy	13
4	HLAVNÍ POTENCIONÁLNÍ ZDROJE KONTAMINACE OVZDUŠÍ V ČR.....	14
4.1	Rozdělení atmosféry	14
4.2	Únik nebezpečných chemických látek	14
4.3	Zdroje	14
4.3.1	Zdroje antropogenního znečištění ovzduší	14
4.3.1.1	Příměsi antropogenního původu.....	16
4.3.2	Zdroje bodové, lineární a plošné	17
4.3.3	Zdroje okamžité a kontinuální	17
4.3.4	Zdroje přízemní (neboli nízké) a výškové (vysoké).....	17
4.4	Emise, imise, exhalace.....	18
4.5	Znečištění ovzduší v České republice	18
4.5.1	Oblasti.....	18
4.5.1.1	Ostravsko	18
4.5.1.2	Ústecko	18
4.5.1.3	Praha	19
5	VLIV METEOROLOGICKÝCH PODMÍNEK NA STABILITU A ŠÍŘENÍ KONTAMINOVANÉ LÁTKY V OVZDUŠÍ	20
5.1	Vliv meteorologických podmínek na vývoj chemické situace.....	20
5.1.1	Povaha a chemismus znečištěného ovzduší	20
5.1.2	Tři principy odstraňování chemického znečištění atmosféry:.....	21

5.1.3	Chemické transformace v atmosféře	22
5.1.4	Šíření oblaku plynů nebo par otravné látky (dále jen OL)	22
5.1.5	Rozptyl oblaku OL	23
5.1.6	Přízemní proudění	23
5.1.7	Rychlost pohybu oblaku OL	24
5.1.8	Charakter teplotního zvrstvení	27
5.1.9	Teplota přízemní vrstvy vzduchu	27
5.1.10	Teplota povrchu půdy	28
5.1.11	Atmosférické srážky	28
5.1.12	Relativní vlhkost vzduchu	28
5.1.13	Příklad - Chlor	29
5.2	Vliv meteorologických podmínek na vývoj radiační situace při jaderné havárii	29
5.2.1	Výškový vítr	29
5.2.2	Atmosférické srážky	29
5.3	Vliv meteorologických podmínek na vývoj radiační situace při jaderném konfliktu	30
5.3.1	Světelné záření	30
5.3.2	Pronikavá radiace	30
5.3.3	Tlaková vlna	31
5.3.4	Radioaktivní oblak	31
5.4	Meteorologické zajištění provozu jaderných elektráren	32
5.5	Vliv meteorologických podmínek na znečišťující antropogenní látky v ovzduší	34
5.6	Rozptylové podmínky podle stabilitní klasifikace Bubníka a Koldovského	35
6	LEGISLATIVNÍ RÁMEC A SYSTÉM OCHRANY PŘED ŠÍŘENÍM NEBEZPEČNÉ LÁTKY V OVZDUŠÍ V ČR (EU)	37
6.1	Legislativa a metodické pokyny	37
6.1.1	Předpisy ČR	37
6.1.2	Předpisy EU	37
6.2	Zákony a vyhlášky	37
6.3	Ochrana ovzduší	39
6.4	Národní program snižování emisí ČR	39
7	ZÁVĚR	40
8	SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	42
9	SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ	44

1 ÚVOD

Šíření chemických a radioaktivních látek v ovzduší je zásadním způsobem ovlivňováno stavem atmosféry. K hlavním meteorologickým faktorům, ovlivňujícím jejich šíření patří směr a rychlost přízemního a výškového větru, vertikální profil teploty vzduchu, atmosférické srážky, sněhová pokrývka, oblačnost a vlhkost vzduchu. Studium a monitorováním těchto prvků je v národním kontextu obvykle pověřován meteorologických ústav. [4]

Cílem bakalářské práce je zhodnotit vliv meteorologických podmínek na šíření kontaminovaných ovzduší, ukázat na význam práce ČHMÚ ve vztahu k monitorování parametrů počasí při radiačním a chemickém ohrožení a zdokumentovat rámec právních norem a předpisů, které se ochranou životního prostředí zabývají a řeší základní postupy ochrany obyvatelstva.

Kvalita ovzduší má dopad nejen na lidské zdraví, ale i vegetaci, celé ekosystémy, budovy i materiály. Znečištění ovzduší sebou přináší celou řadu dalších problémů, poškozování ozónové vrstvy, klimatické změny, kyselé deště, smog a další. V České republice představuje kontaminace ovzduší dlouhodobý problém. Nejvíce postižené oblasti jsou Ústecko, Ostravsko a Praha. [11]

V průběhu šíření kontaminovaného ovzduší v atmosféře dochází k zředění jeho koncentraci chemických znečištěnin a fyzikálně chemickým transformacím. Transmise v atmosféře probíhá nejen pohybem vzdušných mas, ale také na základě molekulární a turbulentní difúze. Některé chemické znečištěniny v atmosféře setrvávají roky a postupným přenosem pronikají z troposféry do vyšších vrstev atmosféry. Jiné zůstávají v atmosféře jen dny či hodiny. [14]

Bakalářská práce nás provádí vlivy meteorologických podmínek na vývoj chemické, radiační situace, aktuálně při jaderné havárii a také při jaderném konfliktu, a také vlivu na znečišťující antropogenní látky v ovzduší.

2 ZÁKLADNÍ POJMY A DEFINICE

2.1.1 Mimořádná událost

Škodlivé působení sil a jevů vyvolaných činností člověka, přírodními vlivy, a také havárie, které ohrožují život, zdraví, majetek nebo životní prostředí a vyžadují provedení záchranných a likvidačních prací. (Zákon č. 239/2000 Sb., o integrovaném záchranném systému a o změně některých zákonů). [1]

2.1.2 Krizová situace

Mimořádná událost, v jejímž důsledku se vyhláší stav nebezpečí, nouzový stav, stav ohrožení státu nebo válečný stav. Jsou při ní ohroženy důležité hodnoty, zájmy či statky státu a jeho občanů a hrozící nebezpečí nelze odvrátit a způsobené škody odstranit běžnou činností orgánů veřejné moci, ozbrojených sil a ozbrojených bezpečnostních sborů, záchranných sborů, havarijních a jiných služeb a právnických a fyzických osob. Stav nebezpečí pro příslušné území vyhláší hejtman kraje případně přednosta okresního úřadu. (Ústavní zákon č. 110/1998 Sb., o bezpečnosti České republiky, zákon č. 222/1999 Sb., o zajišťování obrany České republiky, zákon č. 240/2000 Sb., o krizovém řízení a o změně některých zákonů). [1]

2.1.3 Integrovaný záchranný systém

Koordinovaný postup složek IZS při přípravě na mimořádné události a při provádění záchranných a likvidačních prací. Koordinací postupu složek IZS při společném zásahu se rozumí koordinace záchranných a likvidačních prací včetně řízení jejich součinnosti (Zákon č. 239/2000 Sb., o integrovaném záchranném systému a o změně některých zákonů). [1]

2.1.4 Meteorologie

Věda o zemské atmosféře, jejím složení, vlastnostech, dějích a jevech v probíhajících; v současnosti se většinou ztotožňuje s fyzikou atmosféry. [4]

2.1.5 Meteorologické podmínky

Charakterizují děje (zejména fyzikální) odehrávající se v atmosféře Země. [4]

2.1.6 Základní meteorologické prvky

- Oblačnost (množství, hustota, druh, odrůda a tvar atd.)
- Větr (směr, rychlost nebo síly, nárazovitost)
- Dohlednost (viditelnost objektů na pozadí a zakalující jevy)
- Stav a průběh počasí (výskyt a intenzita jevů)
- Tlak vzduchu (hodnota, charakter změny)
- Teplota vzduchu (hodnota teploty vzduchu, extrémní hodnoty atd.)
- Vlhkost vzduchu (relativní vlhkost, teplota rosného bodu)
- Srážky (množství, intenzita a druh, doba trvání atd.)
- Délka slunečního svitu
- Stav půdy, stav půdy se sněhem a ledem [4]

2.1.7 Ochranná maska

Základní prostředek individuální ochrany určený k ochraně jednotlivce. Poskytuje ochranu dýchacích cest, očí a obličeje proti zasažení radioaktivními, bojovými biologickými nebo toxickými chemickými látkami. Ochrannou masku zpravidla tvoří souprava, která je složena z obličejové masky, filtru, brašny a dalších součástí. [7]

2.1.8 Prostředky kolektivní ochrany

Zařízení (úkryty, budovy, vozidla apod.), které slouží k ochraně skupin osob proti zasažení radioaktivními, bojovými biologickými nebo toxickými chemickými látkami, proti ničivým faktorům jaderného výbuchu a zápalným látkám. Jejich obvyklou součástí je filtrační a ventilační zařízení. [7]

2.1.9 Obdržená dávka

V souvislosti s toxickými látkami znamená množství určité látky, které proniklo do organismu (dávka toxické chemické látky). V souvislosti s ionizujícím zářením znamená dávku. [7]

2.1.10 Detekce

Zjišťování přítomnosti nebo monitorování radioaktivních, bojových biologických nebo toxických chemických látek. Patří sem i sledování výbušnosti prostředí a hořlavost látek. [7]

2.1.11 Detektor

Zařízení určené ke zjišťování nebo monitorování přítomnosti škodlivin (viz detekce). Rozhodujícími vlastnostmi detektoru jsou rychlost odezvy a citlivost. Detektory mohou zjišťovat škodliviny v místě použití, mohou se umísťovat v určité vzdálenosti od zajišťovaného prvku, nebo mohou zjišťovat vzdálené škodliviny. [7]

2.1.12 Nebezpečná chemická látka

Vybraná nebezpečná chemická látka nebo chemický přípravek, který vykazuje jednu nebo více nebezpečných vlastností, klasifikovaných podle zákona č. 356/2003 Sb., o chemických látkách a chemických přípravcích. [7]

2.1.13 Ohrožení průmyslovými toxickými látkami

Nebezpečí, které plyne z možnosti úniku průmyslových toxických látek. Únik by způsobil otravy a kontaminaci osob, kontaminaci objektů a životního prostředí. [7]

2.1.14 Izotermie

Jev, kdy v určité vrstvě atmosféry se teplota s přibývajícím výškou nemění. [17]

2.1.15 Konvekce

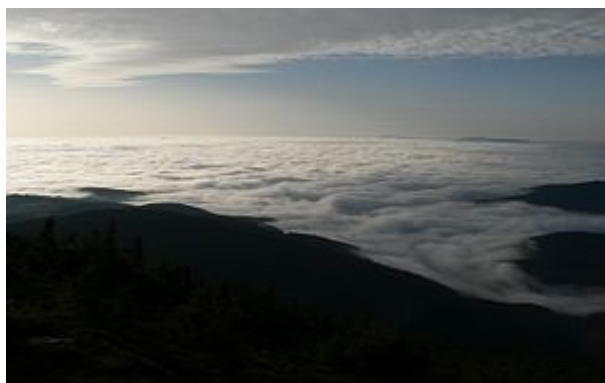
Meteorologický jev, kdy ohřátý vzduch od zemského povrchu stoupá a na jeho místo se shora tlačí vzduch studený. Teplota stoupajícího vzduchu klesá s klesajícím tlakem ve větších výškách. V určité výšce se kondenzací vlhkosti obsažené ve stoupajícím vzduchu zpravidla vytváří konvekční oblačnost. [18]

2.1.16 Teplotní inverze

Meteorologický jev, kdy teplota vzduchu v některé vrstvě dolní atmosféry s výškou neklesá, ale stoupá. Teplejší vzduch se nachází ve vyšších vrstvách a chladný vzduch se drží při zemi, viz obr. 1, 2. [18], [12]



Obr. 1: Kouř se drží vlivem inverze v údolí, nemůže unikat do výše [11]



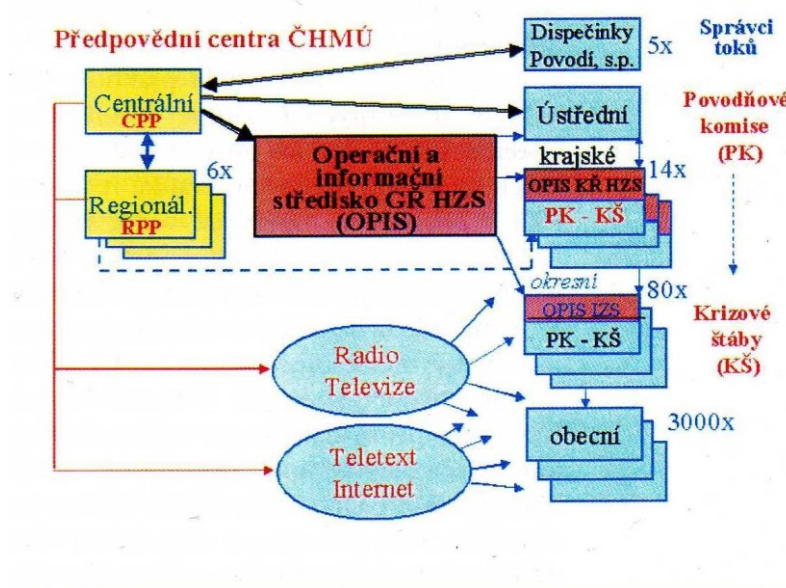
Obr. 2: Typická podzimní inverze při pohledu z hřebene Hrubého Jeseníku [11]

2.2 Český hydrometeorologický ústav (ČHMÚ)

Český hydrometeorologický ústav (dále jen ČHMÚ) plní kromě řady dalších úkolů i funkce národní hydrologické a meteorologické služby. Proto organizace těchto služeb vychází z nutnosti 24 hodin denně předpovídat a zároveň varovat před mimořádnými událostmi a krizovými situacemi přírodního či průmyslového charakteru. ČHMÚ tyto služby integroval do Předpovědní a výstražné služby (PVS) ČHMÚ, která musí fungovat na celém území ČR tak, aby při přírodní pohromě nebo při průmyslové havárii nedocházelo ke ztrátám na životech a zároveň byly co nejnížší ztráty na majetku. [1]

2.3 Předpovědní a výstražná služba ČHMÚ (PVS) a její zapojení do systému včasného varování

Základními složkami PVS jsou předpovědní pracoviště – centrální (CPP) v Praze Komořanech a regionální (RPP) na šesti mimopražských pobočkách. Do systému proudí celý komplex dat, meteorologická data ze světové sítě, radarová a radiosondážní data z národní i středoevropské radarové a radiosondážní sítě, satelitní data z evropské stacionární družice MeteoSat a z polárních družic MetOp a NOAA i výstupy z regionálního předpovědního modelu ALADIN, který je počítán na 54 hodin dopředu čtyřikrát denně. Další důležitá data proudí do systému ze srážkoměrných, vodoměrných (na tocích) a dalších pozorovacích sítí. Současně je umožněn přístup do klimatologických a hydrologických databází či do archivu satelitních dat nebo modelových výstupů. Pracovníci CPP a RPP průběžně připravují výstupy určené pro další složky varovného systému ČR v podobě meteorologických, hydrologických či dalších předpovědí (viz obr. 3). V případě hrozby vzniku mimořádných událostí vydávají varování – obvykle ve dvou stupních - upozornění a výstraha. [1]



Obr. 3: Napojení předpovědní a výstražné služby ČHMÚ do celostátního systému [1]

3 Vliv kontaminovaného ovzduší na životní prostředí

Pro člověka je ovzduší jednou z nejdůležitějších složek životního prostředí, bez které se nemůže obejít. Vdechovaný vzduch a vše, co obsahuje, se dostává až do nitra lidského těla a přímo tak působí na zdraví člověka. To je pravděpodobně i důsledek úmrtí a nemocí např. dýchacích cest a výskytu srdečních onemocnění a rakoviny. Některé odhady ukazují, že za rok zaviní znečištěné ovzduší úmrtí až 300tisíc občanů v EU. Nejen proto je kvalita ovzduší věnována nemalá pozornost jak na národní a evropské, tak na mezinárodní úrovni. [10], [11]

Kvalita vnějšího ovzduší může svými účinky ovlivňovat nejen lidské zdraví, ale i vegetaci, celé ekosystémy i materiály. O stupni čistoty atmosféry nám v přírodě mohou podat informaci např. lišejníky svým výskytem či absencí, jelikož jsou na znečištěné ovzduší velice citlivé. Tato úroveň znečištění vnějšího ovzduší je způsobena vypouštěním znečišťujících látek z různých zdrojů v důsledku lidské činnosti (např. doprava, spalování, průmyslová výroba, a další). Znečišťující látky jsou po vypuštění ze zdroje přenášeny v atmosféře a mohou tak ovlivňovat kvalitu ovzduší jak v nejbližším okolí samotného zdroje znečištění, tak ve vzdálenějších oblastech. [10], [20]

3.1 Následky znečištění ovzduší

Znečištění ovzduší sebou nese kromě přímých následků na zdraví lidí a jiných organismů řadu dalších problémů. [12]

3.1.1 Klimatické změny

Oxid uhličitý je produktem všech spalovacích procesů. Ten sice tvoří přirozenou složku ovzduší, ale následkem rostoucí intenzity spalovacích procesů dochází k růstu jeho celkového množství v atmosféře. Oxid uhličitý je nedýchatelný, ale i přesto nemá toxické účinky na živé organismy. Jeho rostoucí množství v ovzduší narušuje udržení tepelné rovnováhy Země. Tím přispívá k tzv. skleníkovému efektu atmosféry. Větší změna jeho celkového množství v ovzduší by mohla vést ke globální změně klimatických podmínek. [2]

3.1.2 Kyselá atmosférická depozice (kyselé deště)

Produkty spalovacích procesů, především oxid siřičitý a oxidy dusíku, reagují v atmosféře s kyslíkem (oxidují) a vodou a vytváří tak kyseliny (kyselinu sírovou, kyselinu dusičnou). Ty potom dopadají na zem jako kyselé srážky ve formě deště, sněhu, rosy nebo námrazy. Důsledkem je potom okyselení půd, vod i ničení lesních porostů. Největší dopad je zejména na jehličnaté porosty. Jehlice poškozené kyselými srážkami se nestačí tak často nahrazovat. Takto stresované stromy jsou ještě navíc snadnou obětí nemocí a cizopasníků. Příkladem může být degradace lesních porostů Krušných a Jizerských hor, Krkonoš a Beskyd v sedmdesátých letech minulého století.

Díky kombinaci dvou metod: používání paliv s nižším obsahem síry a používání odsiřovacích zařízení, zaznamenáváme pokles emisí oxidů síry. Stálým problémem ale

zůstávají oxidy dusíku, které se bohužel neuvolňují při spalování ze suroviny, ale vznikají díky vysokým teplotám plamene slučováním dusíku a kyslíku v atmosféře. [12]

3.1.3 Smog

Smog je zvláštní druh znečištění, vznikající ve městech a průmyslových oblastech především kvůli koncentraci zdrojů znečištění a specifickým mikroklimatickým podmínkám.

3.1.4 Zimní smog

Smog zimní způsobují zplodiny spalování tuhých paliv, jako jsou popílek, saze, oxid uhelnatý a oxid siřičitý, za mlhavých dnů nebo při teplotní inverzi (viz Základní pojmy a definice). Tento typ smogu se vyskytuje i na vesnicích, kde se používá mnoho lokálních topenišť na tuhá paliva, především uhlí.

3.1.5 Letní smog

Letní smog vzniká za slunných letních ale i jarních a podzemní dní, kdy na zplodiny ze spalovacích motorů (oxidy dusíku, uhlovodíky a oxid uhelnatý) působí UV záření. Vzniká tzv. přízemní ozon (též nazývaný troposférický), který je toxický. Vstupuje do další reakce a dává vznik aldehydům, kyselině dusičné, peroxidům dalším nebezpečným látkám. Ohrožena jsou především větší města s intenzivní automobilovou dopravou. Vyskytuje se ale i ve volné krajině, kde působí negativně na rostliny. [12], [15]

3.1.6 Poškození ozonové vrstvy

Kromě troposférického (přízemního) ozonu je ve vyšších vrstvách atmosféry (25 – 30 km nad Zemí) ozon stratosférický. Ten pohlcuje životu nebezpečné ultrafialové UV-B záření ze slunečního spektra a tím plní zásadní funkci pro udržení života na Zemi. Molekulární kyslík se v ozonové vrstvě štěpí působením ultrafialového UV-C záření na kyslík atomární, který se spojuje s ostatními molekulami kyslíku za vzniku tříatomové molekuly ozonu. Tento ozon pak pohlcuje ultrafialové UV-B záření a jeho působením se opět rozkládá na běžný kyslík.

Tento proces ale narušují chlorované a fluorované uhlovodíky známé jako freony. Chlor a částečně i další halogeny totiž reagují s ozonem a způsobují jeho rozklad. Po rozložení molekuly freonu se atom chloru opět uvolní a může reagovat s další ozonovou molekulou. Tento děj se může opakovat až 30 tisíckrát. Jeden atom tak může zničit až 30 tisíc molekul ozonu!

Freony jsou látky velmi stálé (tzv. inertní). Mohou tak v atmosféře setrvávat až stovky let. Z tohoto důvodu bohužel můžeme i v případě okamžitého zastavení produkce těchto látek očekávat ještě pokračující úbytek ozonu v atmosféře. Zvýšený příkon ultrafialového záření, které proniká skrz oslabenou ozonovou vrstvu, působí škodlivě na všechny živé organismy. Způsobuje poškození DNA v buňkách. Je zřejmě i příčinou ubývání fytoplanktonu, který hraje významnou roli jako primární producent mořských ekosystémů. [12], [15]

4 HLAVNÍ POTENCIONÁLNÍ ZDROJE KONTAMINACE OVZDUŠÍ V ČR

Denně můžeme sledovat v médiích různá neštěstí, při kterých umírají lidé. V České republice je jak pravděpodobnost vzniku živelných pohrom, jako jsou povodně, požáry, vichřice, sněhové laviny, sesuvy půdy, tak i pravděpodobnost havárie s únikem nebezpečných chemických látek. [6]

4.1 Rozdělení atmosféry

Nejpoužívanější rozdělení atmosféry je členění podle změny teploty vzduchu s výškou. V nejnižší vrstvě (do 12 až 15 km) se teplota vzduchu s výškou snižuje. Tuhle oblast nazýváme *troposféra*. Zde se vytváří a probíhá většina našeho počasí. Naopak nad troposférou se teplota vzduchu s výškou zvyšuje. Tuto část atmosféry označujeme jako *stratosféru*, která sahá až do nadmořské výšky 50 km. Mezi troposférou a stratosférou nacházíme ve výškách asi 25 km oblast zvanou *ozonosféra*. Ve stratosféře je vzduch ohříván pohlcováním slunečního ultrafialového záření kyslíkem a ozonem. Další oblast ve výšce 50 – 80 km nazýváme *mezosféra*, kde dochází ke snížení teploty. Nad mezosférou se již teplota dramaticky zvyšuje, hovoříme o *termosféře* (80 - 500 km) a tzv. exosférou (nad 500 km) plynule přecházející do kosmického prostoru. [13]

4.2 Únik nebezpečných chemických látek

K úniku nebezpečných chemických látek může především dojít z těchto důvodů:

- ❖ **následkem působení člověka** (havárie způsobená ve výrobě, při skladování nebo nehodou při přepravě nebezpečné látky)
- ❖ **vlivem přírodních účinků** (k úniku látek dojde vlivem povodně, větru, sesuvem půdy apod.)
- ❖ **při teroristických útocích,**
- ❖ **následkem válečných operací.**

K úniku nebezpečných chemických látek může dojít prakticky všude.

4.3 Zdroje

4.3.1 Zdroje antropogenního znečištění ovzduší

Obecně zahrnujeme do znečištění atmosféry všechny příměsi, které se v ní vyskytují a nejsou součástí čisté atmosféry (čistá atmosféra – směs plynů, jejichž procentuální zastoupení ukazuje tabulka 1, s proměnným množstvím vody v plynné, popř. i kapalně nebo pevné fázi). Prakticky však znečištěním atmosféry obvykle rozumíme příměsi, jež se do ní dostaly jako přímý nebo nepřímý produkt lidské aktivity (tzv. antropogenní znečištění).

Tabulka 1: Složení atmosféry [2]

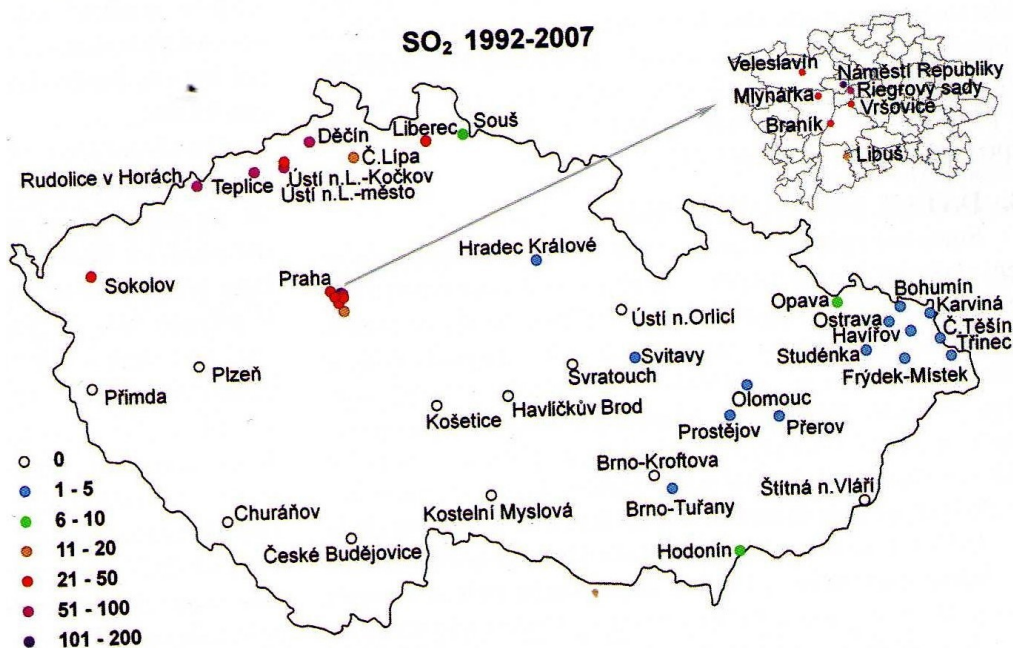
Dusík	78,084 %
Kyslík	20,948 %
Argon	0,934 %
Oxid uhličitý	0,0314 %
Neón	0,001818 %
Hélium	0,000524 %
Metan	0,0002 %
Krypton	0,000114 %
Vodík	0,00005 %
Oxid dusný	0,00005 %
Xenon	0,0000087 %
Ozón (léto)	0 – 0,000007 %
Ozón (zima)	0 – 0,000002 %
Oxid dusičitý	0 – 0,000002 %
Amoniak	stopy
Jód	stopy

4.3.1.1 Příměsi antropogenního původu

V dnešní době jsou závažným ekologickým a hygienickým problémem exhalace obsahující sloučeniny síry. Radíme mezi ně zejména oxid siřičitý, oxid siřičitý a sirovodík. Nejvíce dnů se smogovou epizodou oxidu siřičitého (viz obr. 4) v období 1992 – 2007 byly zaznamenány v Praze na náměstí Republiky (142) a v Teplicích (93).

Rozpustnost ve vodě je jedna z důležitých vlastností většiny sloučenin síry dostávajících se z antropogenních příčin do vzduchu. V důsledku toho nastává při vzniku a padání srážek k vymývání těchto látek z ovzduší. Vzniklé zamoření srážkové vody (nadměrná kyselost) znehodnocuje půdu, ničí vegetaci a znečišťuje povrchové vodní zdroje. Do škodlivých průmyslových exhalací můžeme zařadit vedle zmíněných sloučenin síry i oxidy dusíku, sloučeniny chlóru, fluóru a mnoho další.

Doprava je taktéž významným zdrojem plyných exhalací. Spalovací motory přispívají k tomu, že se do vzduchu dostává toxický oxid uhelnatý, oxidu dusíku a uhlovodíky s možnými karcinogenními účinky. Z tohoto důvodu je nutné vytvořit ochranu pro obyvatelstvo před účinky dopravních exhalací. Je potřeba zdokonalit konstrukce spalovacích motorů, aby došlo ke snížení množství škodlivin ve výfukových plynech, vybudovat ochranné pásy zeleně podél dopravních tepen a vytvořit opatření umožňující co nejplynulejší provoz na ulicích a silnicích. Největší produkce dopravních exhalací je při častém startování a nepravidelném chodu motorů. [6], [19]



Obr. 4: Počet dnů se smogovou epizodou za celé zkoumané období [19]

4.3.2 Zdroje bodové, lineární a plošné

Zdroje znečištění zpravidla dělíme na bodové, lineární a plošné. Příkladem pro bodový zdroj může být vrchol komínu. Lineární zdroj si lze představit jako množinu bodových zdrojů spojitě rozestřených podél jisté linie. Plošný zdroj pak analogicky dostaneme spojitým rozestřením bodových zdrojů po ploše. V dnešní době zařazujeme mezi významné lineární zdroje např. frekventované silnice, dálnice a městské komunikace, od nichž se šíří do okolí zplodiny spalovacích motorů. Ve městech se zpravidla se nachází veliký počet menších zdrojů, které jsou od sebe jen málo vzdáleny (komíny topenišť, provoz na komunikacích apod.). Z hlediska širšího krajinného okolí můžeme město považovat za plošný zdroj znečišťujících příměsí. Některé významné plošné zdroje však vznikají jako nepřímé následky činnosti člověka.

V dnešní době je globálním celosvětovým problémem zajištění potravy pro rostoucí lidskou populaci. To má za důsledek rozsáhlé změny v charakteru zemědělské výroby. Dochází k rozšiřování obdělávané půdy, ve velkém měřítku se používají syntetická hnojiva. Bohužel se ukazuje, že tento progresivní vývoj probíhá bez negativních důsledků. Zejména v oblastech s málo stabilními půdami dochází následkem těchto skutečností k zesílení větrné půdní eroze. Ta má nepříznivý vliv na zemědělskou výrobu, ekologickou rovnováhu v přírodě a *nadměrné znečištění vzduchu půdními částicemi*. Půdní částice jsou sice přirozenou součástí atmosférického aerosolu a neobsahují toxické složky, ale jejich zvýšený výskyt v atmosféře zeslabuje procházející sluneční záření a vede ke zmenšení radiační bilance na zemském povrchu. V konečném důsledku může působit modifikace klimatických a obecně ekologických podmínek.

4.3.3 Zdroje okamžité a kontinuální

Okamžitý zdroj dodá za krátký časový interval jisté množství příměsí do ovzduší a hned ukončí svoji činnost. *Kontinuální zdroj* působí spojitě v průběhu času. Většina zdrojů významných z hlediska ochrany čistoty ovzduší patří mezi zdroje kontinuální. S okamžitým zdrojem se setkáváme nejčastěji při studiu šíření zplodin vytvořených explozemi. Intenzita je důležitou vlastností kontinuálních zdrojů, kterou vyjadřujeme množstvím příměsí (v jednotkách hmotnosti nebo objemu) dodaným za jednotku času do atmosféry. U kontinuálních lineárních zdrojů vztahujeme jejich intenzitu k jednotce délky, u zdrojů plošných k jednotce plochy.

4.3.4 Zdroje přízemní (neboli nízké) a výškové (vysoké)

Zdroje ležící buď přímo na zemském povrchu, nebo v jeho bezprostřední blízkosti nazýváme *přízemní*. *Výškové zdroje* se nachází ve výšce, která zpravidla odpovídá stovkám metrů nad úrovní zemského povrchu. Nezavádíme zde ale nějakou danou výšku nad zemským povrchem jako hranici pro rozdělení zdrojů na přízemní a výškové. Spíše zde uplatňujeme meteorologické hledisko, podle kterého se výškové zdroje liší od přízemních tím, že v případě výskytu přízemních inverzí teploty typických pro danou oblast se většinou nacházejí nad horní hranicí inverzní vrstvy.

Dále rozlišujeme zdroje *stacionární* a *mobilní*. Mezi zdroje mobilní můžeme zařadit dopravní prostředky, přepravující nebezpečné látky po silnicích, železnici a na vodních tocích. Jejich únik nelze také vyloučit z potrubí a ze skládek. Největší rozsah ohrožení v

důsledku úniku nebezpečných chemických látek představují stacionární zdroje, ale u mobilních zdrojů dochází k únikům častěji. Častá příčina úniku nebezpečných chemických látek je technologická (provozní) havárie. V posledních letech dochází k častým únikům chloru, oxidu siřičitého a ke znečištění ovzduší amoniakem i v několika městech ČR. [6]

4.4 Emise, imise, exhalace

Názvu *emise* se používá pro označení znečišťujících příměsí v tom stavu, v jakém opouštějí své zdroje. Termín *exhalace* má podobný význam. Obvykle jím rozumíme příměsí vznikající v průběhu různých spalovacích, chemických a dalších procesů při vytápění, průmyslové nebo dopravní činnosti atd. V technické praxi obvykle pracujeme s názvem *emise* v souvislosti s kvantitativními údaji o množství znečišťujících příměsí dodaných do vzduchu. Na rozdíl pojem *exhalace* označuje příměsí jako takové bez vztahu ke kvantitativním údajům. Názvem *imise* rozumíme znečišťující příměsí ve vzduchu, které již prošly procesem prostorového rozptýlu od svých zdrojů do okolí. Mohlo u nich dojít k řadě fyzikálních a chemických změn.

Nečistoty, které se následkem lidské činnosti dostávají z různých zdrojů do atmosféry, jsou tvořeny buď pevnými, kapalnými částicemi nebo látkami v plynném skupenství.

4.5 Znečištění ovzduší v České republice

V České republice představuje znečištění ovzduší dlouhodobý problém. V ČR je několik oblastí, které jsou často zasaženy znečištěním ovzduší. [11]

4.5.1 Oblasti

4.5.1.1 Ostravsko

Nejvíce znečištěnou oblastí nejen v ČR, ale i v EU je oblast Ostravy a okolí do 50km (viz obr. 5). Dochází zde pravidelně k překračování limitu pro poléťavý prach (PM_{10}) a další znečišťující látky. Největším producentem znečištění je společnost ArcelorMittal a jejich železářny. Produkují velké množství benzopyrenu a pevných částic PM_{10} . Dalším zdrojem je doprava, která znovu rozvíří usazený poléťavý prach. V důsledku těchto emisí, pak dochází ke vzniku přízemního ozonu v letních měsících. [11]

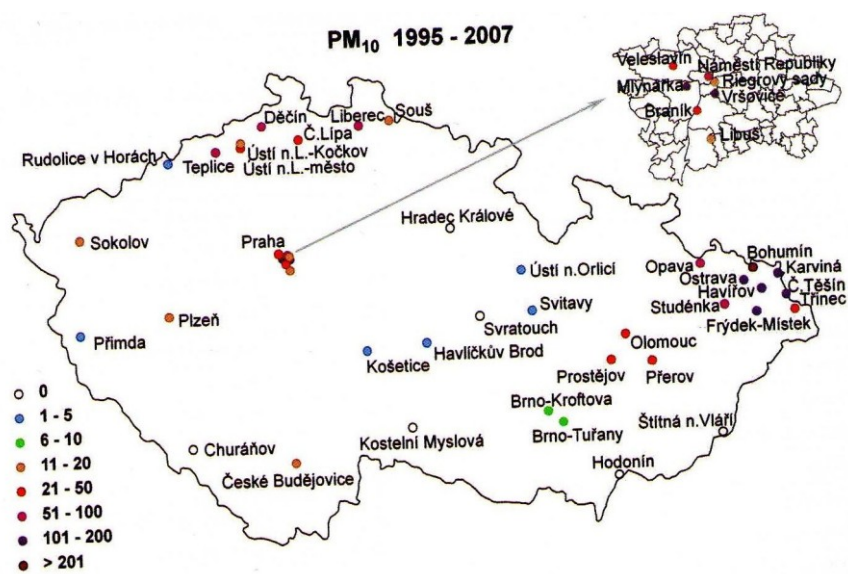
4.5.1.2 Ústecko

Hlavním zdrojem znečištění je povrchová těžba hnědého uhlí a jeho spalování v uhelných elektrárnách. Nachází se zde 4 velkolomy, Lom Bílina, Lom ČSA, Lom Nástup - Tušimice, Lom Vršany. Plocha lomů je velká a z nepevných povrchů je odnášen prach. Dále se zde nachází 5 uhelných elektráren, Prunéřov, Tušimice, Počerady, Komořany a Ledvice. Znečišťovatelem jsou i chemičky Chemopetrol Litvínov, provádí se zde rafinace ropy a Lovochemie Ústí n. Labem.

4.5.1.3 Praha

Jsou zde vysoké hodnoty znečištění polétavým prachem (viz obr. 5). Největším zdrojem znečištění je doprava. [11]

Smogové epizody se v České republice vyskytují především ve velkých městech a průmyslových oblastech (viz obr. 5). Souhrn dnů se smogovou epizodou v období 1995 – 2007 pro PM_{10} dosáhl největší hodnoty 214 v Bohumíně. [19]



Obr. 5: Počet dnů se smogovou epizodou za celé zkoumané období [19]

5 VLIV METEOROLOGICKÝCH PODMÍNEK NA STABILITU A ŠÍŘENÍ KONTAMINOVANÉ LÁTKY V OVZDUŠÍ

Úspěšnost zásahu a likvidace následků působení látek v prostředí je těsně spjata se znalostí meteorologických vlivů.

Mezi meteorologické podmínky řadíme:

- teplota vzduchu a povrchu půdy v místě, kterým se kontaminované ovzduší šíří
- teplotní zvrstvení atmosféry v její přízemní vrstvě
- směr a rychlost proudění (údaje o přízemním a výškovém větru)
- význam atmosférických srážek, sněhové pokrývky, oblačnosti a vlhkosti vzduchu
- vliv nerovností a pokrytosti terénu stojícímu v cestě šíření kontaminovaného ovzduší [4]

5.1 Vliv meteorologických podmínek na vývoj chemické situace

Hloubka a rychlost šíření oblaku nebezpečné chemické látky (např. vzniklých při průmyslových chemických haváriích) závisí na následujících faktorech:

- druh uniklé nebezpečné chemické látky
- mechanismus úniku nebezpečné chemické látky
- množství uniklé nebezpečné chemické látky
- meteorologické podmínky [8]

5.1.1 Povaha a chemismus znečištěného ovzduší

Jak již dříve bylo uvedeno v první kapitole, nejnižší vrstva atmosféry se nazývá troposféra. Obsahuje jak konstantní množství stálých chemických složek, tak i řadu dalších chemických sloučenin vyskytujících se v kolísavém množství. Chemické látky se dostávají do atmosféry jak z přírodních, tak z antropogenních zdrojů. Z celkového množství chemického znečištění je asi 90% hmotnostních plynných látek, ostatních 10% zahrnuje kapalné a tuhé látky (disperzní aerosol). Z hrubých odhadů vyplývá, že ročně přichází do atmosféry přibližně $3 \cdot 10^{12}$ kg znečišťujících látek všech skupenství a z tohoto množství způsobují znečištění antropogenní zdroje 10%. Znečištění lidskou činností však není zanedbatelné. Antropogenní znečištění jsou často velice agresivní. Většina se jich vyskytuje na severní polokouli (např. 93% z celkového znečištění oxidem siřičitým). Za to znečištění přírodními zdroji je rozloženo rovnoměrněji.

Šíření chemických znečištěnin od místa zdroje po jejich emisi do ovzduší je z hlediska chemismu atmosféry a působení látek na životní prostředí velmi důležitý průběh. Docházím při něm k jejich zřetřování a fyzikálně chemickým transformacím. Transmise v atmosféře probíhá nejen pohybem vzdušných mas, který je ovlivněn meteorologickými podmínkami, ale také na základě molekulární a turbulentní difúze. Molekulární difúze, řídicí se kinetickou teorií plynů, má velký význam ve stratosféře (15 – 50 km nad Zemí) a hraje důležitou roli ve výškách nad 115 km. Naproti tomu turbulentní difúze převažuje v troposféře a mezosféře (50 – 85 km nad povrchem Země), jak již bylo zmíněno v první kapitole, zde teplota se stoupající výškou klesá. Z toho důvodu teplejší vzduch v dolních oblastech může snadno stoupat vzhůru. Stratosféra je nejstabilnější oblastí atmosféry

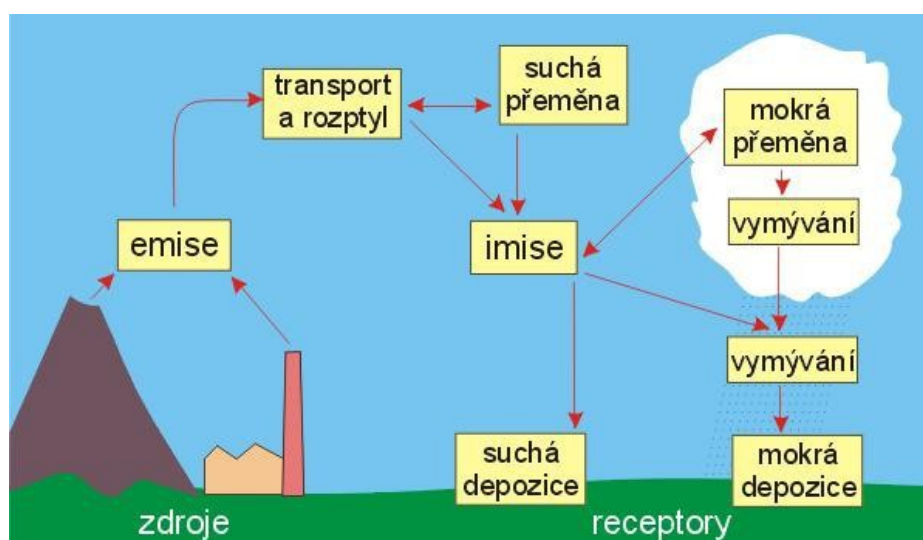
z hlediska šíření znečišťujících látek, protože tady naopak teplota s výškou stoupá, proto tendence k vertikálnímu mísení je nepatrná. Z hlediska chemismu atmosféry je ale velmi aktivní.

V těsné blízkosti u zdrojů podléhají chemické látky emitované do ovzduší relativně rychlým fyzikálně chemickým změnám. Především kvůli rychle se měnícím okolním podmínkám, hlavně teploty a vlhkosti. Postupně u nich dochází k reakcím. K heterogenním reakcím na povrchu aerosolových tuhých částic, k homogenním reakcím mezi plynnými látkami, k reakcím v kapalně fázi tvořících se vodních kapiček a ve dne k mnoha fotochemických reakcím. Vždy závisí na momentálních reakčních podmínkách, hlavně relativní vlhkosti, přítomnosti katalyzátorů důležitých pro průběh heterogenních reakcí, na pH ve vodních kapičkách a na intenzitě a spektrálním složení slunečního záření.

Některé chemické znečištění v atmosféře setrvávají roky a jsou postupnou transmisí přenášeny z troposféry do vyšších vrstev atmosféry. Zde pak podléhají fotolýze nebo reakcím s volnými radikály a atomy. Jiné zůstávají v atmosféře jen dny či hodiny. [14]

5.1.2 Tři principy odstraňování chemického znečištění atmosféry:

- 1) *Suchá depozice* – záchyt chemických látek při styku se zemským povrchem. Rychlost závisí na reaktivitě znečišťujících plynných sloučenin nebo na velikosti aerosolových částic, na kvalitě zemského povrchu a na podmínkách šíření znečištění, především rychlosti větru.
- 2) *Mokrý depozice* – vymývání chemických látek deštěm nebo jejich odstraňování při tvorbě mraků. Účinnost je těsně spjata s reaktivitou těchto látek, s intenzitou srážek, s velikostí vodních kapiček a s jejich pH a teplotě a na vertikálním rozložení koncentrací znečištění.
- 3) *Chemické reakce* – v troposféře, u málo reaktivních látek v nižších vrstvách stratosféry. Reakcím s OH radikály je v poslední době přikládán největší význam. [14]



Obr. 6: Cyklus znečišťujících látek v ovzduší [24]

5.1.3 Chemické transformace v atmosféře

Aby mohlo dojít k chemické reakci, je soustavě potřeba dodat aktivační energii. Existují tři způsoby:

- a) *Aktivací termickou* – kinetická energie molekul se zvětší zvýšením teploty a tím se zvýší i počet srážek reagujících molekul. Vliv teploty na chemické reakce v atmosféře je poměrně malý.
- b) *Aktivací fotochemickou* – absorpcí fotonu se zvýší energie molekul, tj. energetické částice záření určité vlnové délky. Fotochemická aktivace rozhodujícím způsobem ovlivňuje chemismus atmosféry. Absorpcí záření se může jeden nebo více elektronů reagující molekuly dostat na vyšší energetickou hladinu. Je-li energie absorbovaného záření dostatečně vysoká, může docházet k odtržení elektronu nebo až k disociaci absorbující molekuly.
- c) *Aktivací pomocí katalyzátoru* – katalytický účinek některých solí a těžkých kovů, nebo katalytický účinek aktivních center vyskytujících se na povrchu některých typů tuhého aerosolu. Takle aktivace je v atmosféře důležitá pro některé chemické reakce u sloučenin absorbovaných na povrchu tuhých aerosolových částic nebo u látek rozpuštěných v drobných částicích kapalného aerosolu. [14]

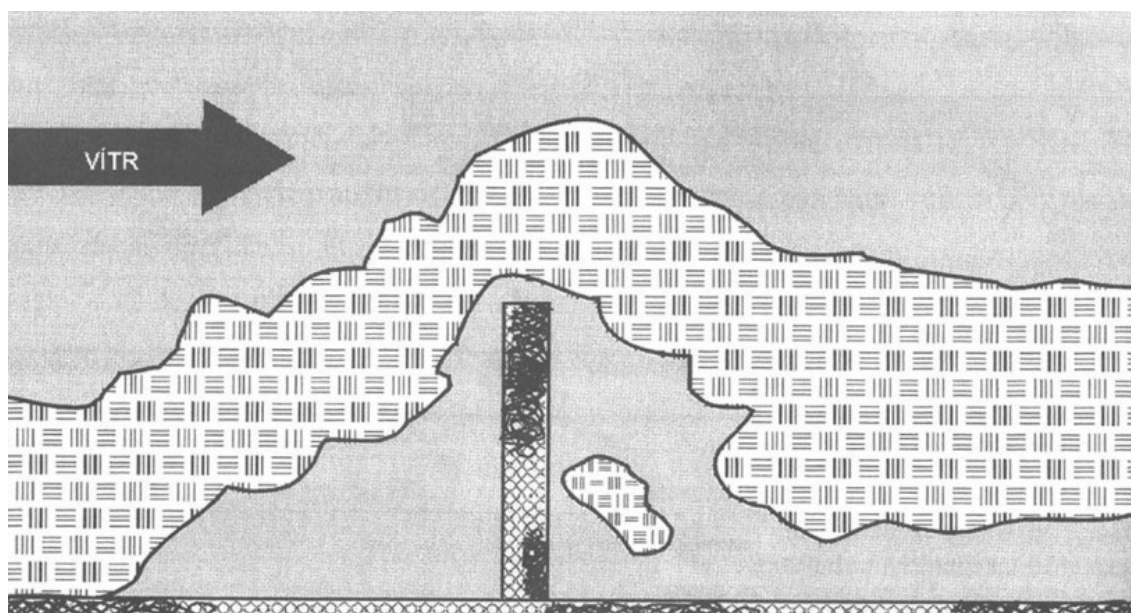
5.1.4 Šíření oblaku plynů nebo par otravné látky (dále jen OL)

Zda-li se nebezpečná chemická látka šíří při zemi, či uniká do ovzduší, má vliv celá řada faktorů. Mezi ně řadíme i relativní molekulovou hmotnost látky. Průměrná relativní molekulová hmotnost vzduchu je 29. Vzhůru do ovzduší budou unikat plynné látky s relativní molekulovou hmotností nižší než 29, protože jsou lehčí než vzduch. Naopak plyny těžší než vzduch zůstávají u země, šíří se ve směru přízemního větru. [8]

Otravné látky (OL), které kontaminovaly různé objekty nebo třeba i celý terén se dostávají do ovzduší vypařováním. Oblaky otravných látek bývají obvykle v ovzduší viditelné. Jsou to části atmosféry více či méně ostře ohraničené, v nichž je obsažena otravná látka. Na počátku mohou být jeho fyzikální vlastnosti odlišné od okolního prostředí, avšak velice rychle se s vlastnostmi vzduchu vyrovnává. Během rozptylování (dispersi) a výparu se tvoří kapičky OL. Jejich velikost závisí na vlastnostech dané otravné látky, především na tlaku jejích par. Jejich rozměry bývají od několika mikrometrů do několika desítek mikrometrů. Při dispersi OL se hlavně uplatňují teplota, tlak a pohyb vzduchu. Vlivy teploty budou větší u otravných látek, jejichž bod varu je blízko atmosférickým podmínkám (např. kyanovodík, chlórkyan). Vliv tlaku bude znatelný především při rozdílných nadmořských výškách. Při jakémkoliv pohybu oblaku OL dochází v důsledku difúze k jeho dispersi. Díky neustálému vtahování okolního vzduchu do oblaku se otrhávají a jsou odnášeny části oblaku. [4]

5.1.5 Rozptyl oblaku OL

Turbulentní víry mají nemalý význam při rozptylu škodlivin v atmosféře. Vyvolávají totiž neuspořádané pohyby vzduchových částic. Víry velkého rozměru přenášejí oblak OL jako celek. Víry uvnitř oblaku přispívají k jeho stabilitě. Vliv na koncentraci OL v atmosféře mají i procesy samočištění ovzduší (spad, vymývání srážkami atd.). Turbulentní rozptyl oblaku společně s vertikálními pohyby vzduchu závisejí na vertikálním teplotním zvrstvení, tzn. na průběhu teploty vzduchu s výškou. Povrch terénu, pokrytí, porost, terénní překážky (viz obr. 7), taktéž ovlivňuje rozptyl oblaku OL. [4]



Obr. 7: Přechod oblaku OL přes překážku [4]

5.1.6 Přízemní proudění

Nezbytnou meteorologickou charakteristikou pro hodnocení vlivu počasí je *směr a rychlost větru*. Oblak OL mění svou polohu ve vertikálním směru v důsledku výstupných nebo sestupných pohybů vzduchu. Je důležité takovéto skutečnosti detailně zvažovat u předpovědi chemického zamoření.

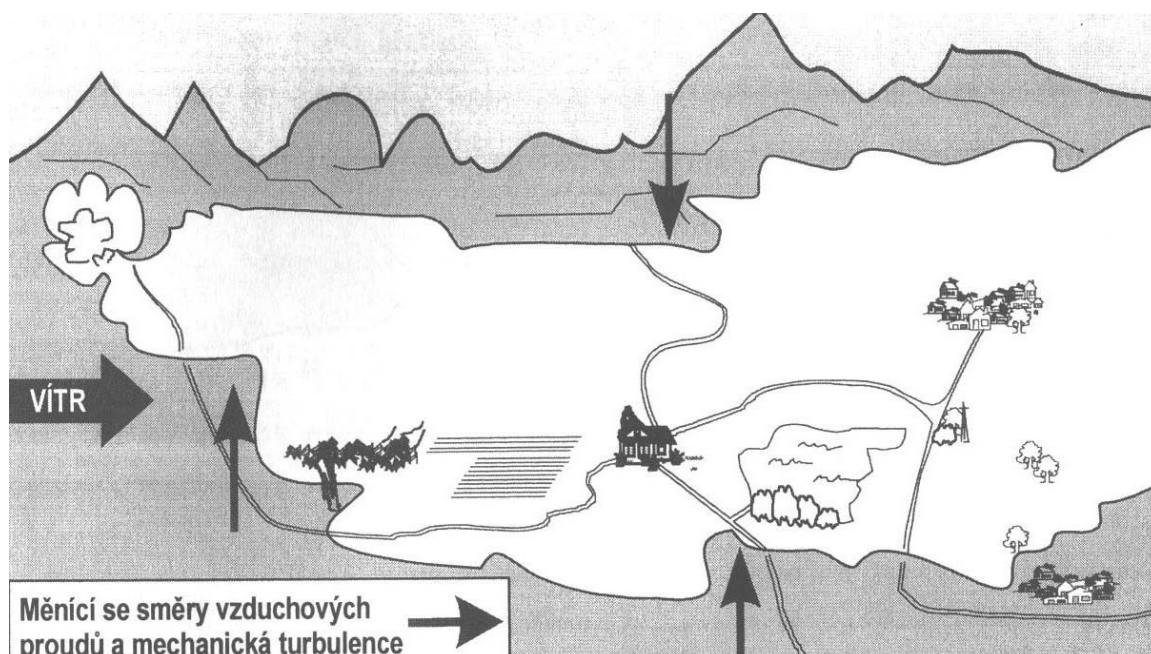
Také při organizaci dekontaminačních prací se bere v úvahu směr přízemního větru ve vztahu k rozvinovaným dekontaminačním místům a plochám. Bezpečnost osob provádějící dekontaminaci terénu závisí na směru přízemního větru a uspořádání dekontaminačních vozidel a pracovišť.

Na intenzitu změn koncentrace OL v oblaku zamořeného vzduchu má taktéž vliv rychlost větru. Při slabém větru je jejich koncentrace v daném prostoru vyšší a naopak mechanické turbulence se uplatňují při silném větru. Zvýšená rychlost větru ovlivňuje zmenšení hloubky šíření zamořeného vzduchu. [4]

5.1.7 Rychlost pohybu oblaku OL

Rychlost pohybu oblaku OL můžeme rozložit na dvě složky, a to složku horizontální (vítr) a vertikální (výstupný nebo sestupný pohyb). Trajektorie pohybu oblaku je dána směrem větru a rychlost jeho pohybu rychlostí větru. Na rychlosti větru závisí doba, po kterou bude oblak přes dané místo přecházet (tzv. zdánlivé setrvávání oblaku na místě), a také doba, za kterou oblak dosáhne určitého místa.

V důsledku změn přízemního větru dochází k častým změnám směru pohybu oblaku OL. Tenhle pohyb lze přirovnat k zákrutám podobným meandrům řeky (viz obr. 8).



Obr. 8: Změna šíření kontaminovaného oblaku meandrováním [4]

Na rychlost a změny směru pohybu kontaminovaného oblaku má vliv pokrytost terénu přírodními i antropogenními podmínkami:

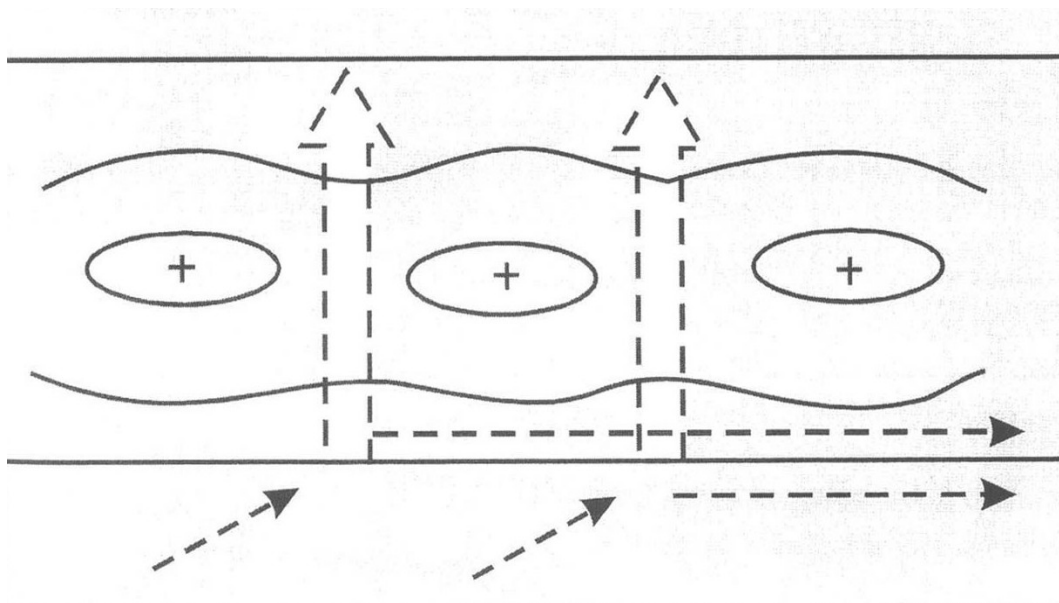
- *Chování kontaminovaného oblaku při setkání s vertikální překážkou*

Jestliže je oblak OL unášen proudem vzduchu přes vertikální překážku, pak se přibližně ve vzdálenosti rovné 15 – 20-ti násobku výšky překážky bude zvedat a jeho rychlost zvyšovat. Při inverzi dochází k nárůstu koncentrace OL. Na závětrné straně se oblak OL bude rozšiřovat. Při inverzi bude klesat k zemi. Celkově se jeho koncentrace OL zmenší a vertikální mohutnost zmenší.

V místech před a za překážkou se vytváří tzv. vzduchové polštáře, které se nezúčastní všeobecného pohybu. Zde zůstává vzduch nezamořený, nebo jen s malou koncentrací. Avšak po přechodu oblaku OL přes překážku se může určitá nebezpečná koncentrace udržovat těsně po obou stranách překážky. Rozšíření oblaku kontaminovaného ovzduší a jeho deformace v horizontálním i vertikálním směru (turbulentní výměna) obecně vede k rychlému rozptýlu, proto hloubka zamoření je všeobecně menší než v rovinatém terénu bez překážek.

- *Chování kontaminovaného oblaku je při setkání s vertikální překážkou orientovanou šikmo ke směru převládajícího proudění*

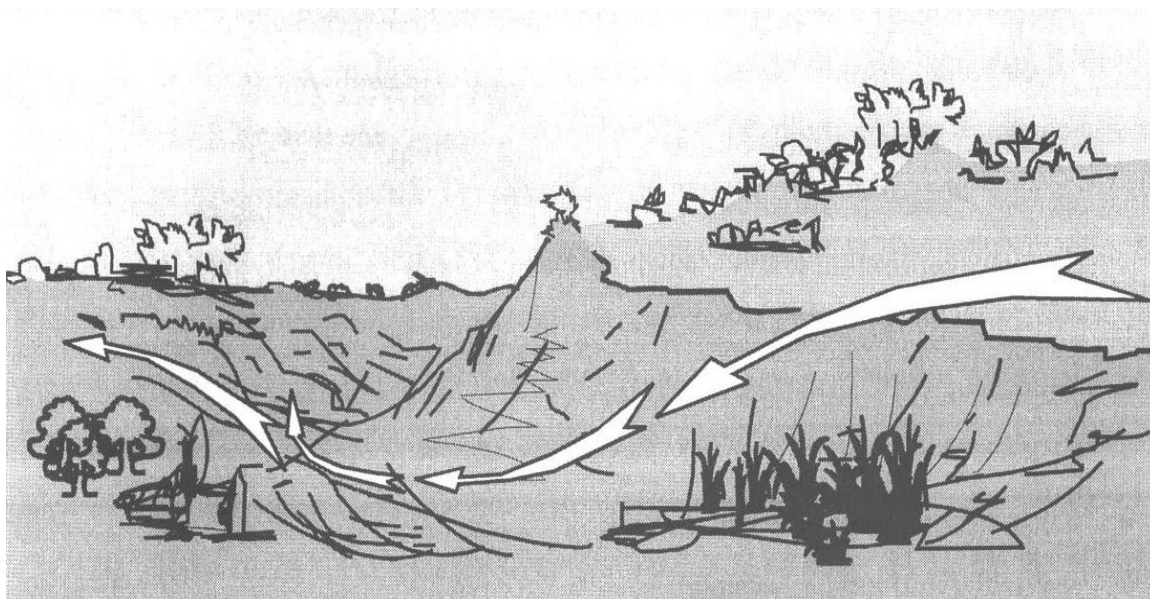
V přízemní vrstvě se tady vždy mění směr větru. Může tedy dojít k odklonu trajektorie pohybu oblaku, především když se jedná o rozměrnou překážku a malý úhel mezi směrem větru a orientací překážky. Přes hřeben je oblak OL vždy unášen větší rychlostí. Největší koncentrace škodlivin jsou na jeho vrcholku. Přelévání přes hřeben je malé nebo žádné při stabilním zvrstvení a zvýšené je především v sedlech při instabilním zvrstvení. Řada za sebou následujících kopců a hřebenů vzdušné proudění silně rozrušuje a škodliviny v ovzduší rozptýluje (viz obr. 9).



Obr. 9: Vliv hřebene při šikmo orientovaném větru na pohyb vzduchu [4]

- *Chování kontaminovaného oblaku při přechodu přes údolí*

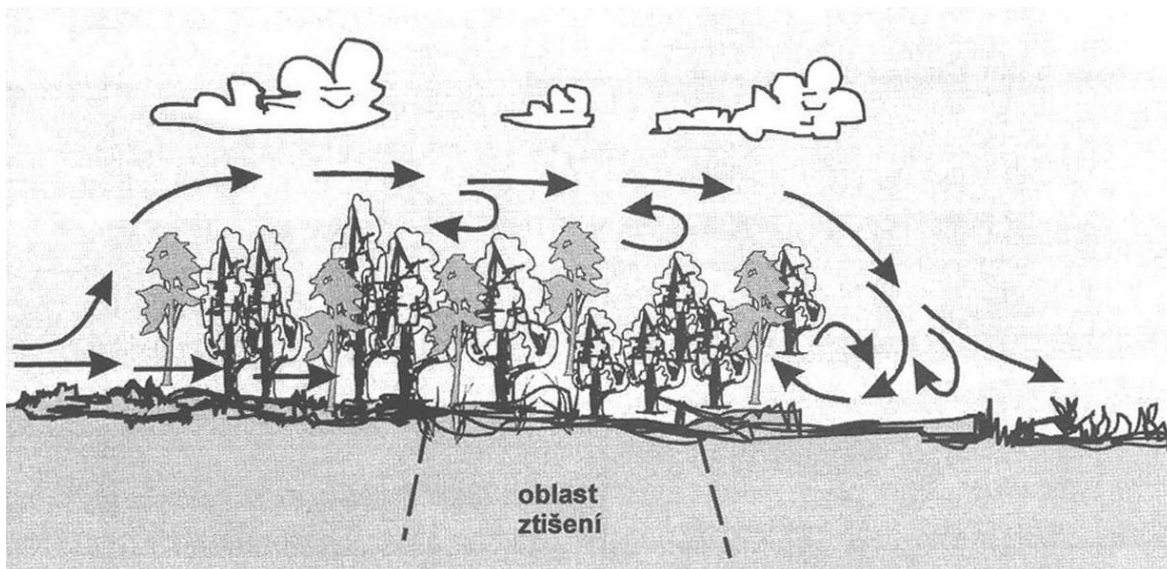
Přechodem kontaminovaného oblaku údolím při inverzích a v noci dochází k výrazné koncentraci chemické látky v prostoru. Kontaminace může přetrvávat dokonce i několik hodin. Výstup kontaminovaného oblaku z údolí nastává až po východu Slunce a nejdříve na Sluncem ozářených svazích. Současně vítr zesiluje, a to má za následek, že přirozená dekontaminace je poměrně rychlá. Vane-li vítr šikmo ke směru údolí, směr větru se mění a údolí se stává řečištěm, kde se kontaminovaný oblak pohybuje (viz obr. 10). Čím je vítr slabší a zvrstvení stabilnější, tím je vliv údolí větší.



Obr. 10: Vítr vane šikmo k údolí (vliv údolí na vítr) [4]

- *Chování kontaminovaného oblaku při pohybu lesním porostem*

Kontaminovaný oblak se před lesním porostem z velké části zvedá nad les, jeho zbylá část proniká tím více do lesa, čím je stabilnější zvrstvení. Pohyb části oblaku, která pronikla do lesního porostu, se bude zpomalovat a v oblasti bezvětrí bude setrvávat na místě, a to hlavně v noci. Vlivem místních kompenzačních pohybů se budou škodliviny pomalu nahodile přemisťovat a rozšiřovat do hloubky i šířky (viz obr. 11). Koncentrace OL se sice bude snižovat, ale především při velké inverzi mohou tyto škodliviny v porostech setrvat relativně dlouhou dobu.



Obr. 11: Vliv lesního porostu na vítr a přenos škodlivin [4]

- *Chování kontaminovaného oblaku na sídlištích*

Komplikované větrné poměry na sídlištích způsobují, že je zpravidla nemožné určit, které jejich části oblak OL zasáhne, jak dlouho setrvá na místě a kdy zanikne. Často se roztrhá na několik částí. V důsledku místních cirkulací rovněž může docházet k zanášení škodlivin z periferní zástavby do centra města.

5.1.8 Charakter teplotního zvrstvení

Charakter teplotního zvrstvení má nejvýznamnější vliv na hloubku plošného rozšiřování oblaku OL a účinnost jejího působení na osoby, které jsou v různých vzdálenostech od zdroje zamoření, a to i na závětrných místech. Při teplotní inverzi se může oblak tvořený např. parami sarinu přemístit za extrémních podmínek až do vzdálenosti 60 km. Při izotermii je hloubka rozšíření zamořeného vzduchu v průměru poloviční. Za konvence bude hloubka rozšíření par sarinu v porovnání s izotermií třetinová.

5.1.9 Teplota přízemní vrstvy vzduchu

Teplota přízemní vrstvy vzduchu ovlivňuje u chemických látek v ovzduší především jejich:

- Skupenství
- Těkavost (prchavost)
- Stálost (setrvalost)
- Viskozitu (vnitřní tření)

Teplota vzduchu ovlivňuje opatření k ochraně osob a dekontaminaci. Vliv má hlavně na skupenství těch látek, jejichž bod varu a tuhnutí je v rozmezí vyskytujících se teplot vzduchu.

S teplotou vzduchu souvisí těkavost chemických látek, jelikož teplota vzduchu významně ovlivňuje výpar. Vyšší výpar ovlivňuje snížení stálosti chemických látek v kontaminovaném prostředí. Teplota vzduchu má také vliv na viskozitu chemických látek, tzn. schopnost jejich vsakování do půdy, tím i přirozenou dekontaminaci.

Velký význam má teplota vzduchu při dekontaminaci (odmořování). Aby se mohlo používat dekontaminačních prostředků i při nízkých teplotách, existují dekontaminační látky, které mají schopnost uvolňovat při styku s vodou teplo a tím zahřívají dekontaminační prostředky na potřebnou teplotu a zvyšují jejich účinnost. Dále se používají dekontaminační postupy využívající ohřívání směsí dekontaminačních kapalin nebo proudy horkých par a vzduchu.

5.1.10 Teplota povrchu půdy

Teplota povrchu půdy ovlivňuje intenzitu odpařování kapalných látek. V podstatě určuje jejich stálost v terénu. Při hodnocení stálosti kontaminačních látek se musí brát v úvahu průběh teploty vzduchu a půdy během dne. Přihlíží se k nim při organizaci ochrany před kontaminovaným oblakem a výběru dekontaminačních prostředků k provádění dekontaminace. Mají vliv na délku doby nepřetržitého pohybu osob ve speciálních oděvech v kontaminovaném prostředí.

5.1.11 Atmosférické srážky

Intenzivní deště (silný dlouhotrvající déšť a lijáky) zvyšují v ovzduší mechanické promíchávání, které vede ke snižování koncentrace škodlivin v oblaku zamořeného vzduchu. Také při srážkách dochází k vymývání par chemických látek z atmosféry dešťovými kapkami a následnému zmenšování hloubky šíření kontaminovaného oblaku. Intenzivní dlouhotrvající deště a lijáky ovlivňují snížení stálosti kapalných chemických látek v terénu. Dlouhotrvající a silný déšť minimalizuje účinky působení kontaminovaného prostředí na lidský organizmus.

5.1.12 Relativní vlhkost vzduchu

Relativní vlhkost vzduchu nepřímo ovlivňuje chování par a kapiček chemických látek v kontaminovaném prostředí (ovzduší a terén). Vysoká vlhkost vzduchu zkracuje použití kapacity filtrů ochranných masek zasahujících záchranných složek. Tím způsobuje nutnost častější obměny upotřebených filtrů. V okamžiku vysoké relativní vlhkosti a teploty vzduchu se zvyšují negativní účinky působení chemických látek na živé organizmy.

Do ovzduší se dostávají škodliviny v tuhém, kapalném a plynném skupenství. Společně se vzduchem vytváří zvláštní směs – aerosol. Páry a plynné chemické látky se mísí se vzduchem za vzniku oblaku kontaminovaného ovzduší. Nerozvrstvějí se podle své hustoty. Neustálé promíchávání vzduchu způsobuje, že malé částičky a kapičky bez ohledu na působení zemské tíže se v něm vznášejí a jsou-li dostatečně rozptýlené, pomalu sedimentují. [4]

5.1.13 Příklad - Chlor

Vysoce jedovatý chlor tvořící molekulu Cl_2 má relativní molekulovou hmotnost 71. Při havárii zásobníku s chlorem bude tedy velmi nebezpečné jeho šíření při zemi. Nemůžeme předpokládat jeho únik do vyšších sfér ovzduší a postupné rychlé rozptýlení. Plynné nebezpečné chemické látky těžší než vzduch mohou v podzemních prostorech ohrozit obyvatelstvo i v případě, že jejich toxicita je velmi nízká nebo žádná.

Stalo se již mnoho smutných případů, kdy netoxická chemická látka jako dusík nebo oxid uhličitý (molekulová hmotnost 44) vnikla do podzemních prostorů, odkud vytěsnila vzduch, a tedy i kyslík nezbytný k dýchání. V těchto případech pak dohází k udušení osob a zvířat pro nedostatek kyslíku. Nebezpečí je ale v tom, že z počátku nedostatek kyslíku pocítujeme jen bolestmi hlavy, závratí, slabostí a podobně, což zpravidla končí omdlením a bezvědomím. To je příčina toho, že se postižené osoby nejsou schopny bránit ani přivolat potřebnou pomoc.

Nebezpečí účinku netoxických látek samozřejmě není pouze v možnosti vytěsnění vzduchu. Tyto látky se většinou přepravují a skladují jako zkapalněné nebo stlačené plyny. V případě nekontrolovaných úniků dochází k okamžitému odpařování zkapalněného nebo stlačeného plynu. Dochází k odnímání obrovského množství energie z okolí, ve kterém se to projeví prudkým snížením teploty. Proto při takových haváriích jsou obvyklé omrzliny osob a zvířat. [8]

5.2 Vliv meteorologických podmínek na vývoj radiační situace při jaderné havárii

Při hodnocení vlivu meteorologické situace na vývoj nejen chemické, ale i radiační situace a vznik prostorově rozsáhlých kontaminací terénu a ovzduší se přihlíží k synoptické situaci velkého a malého měřítka. [4]

5.2.1 Výškový vítr

Výškový vítr ovlivňuje průběh vypadávání radioaktivní kontaminace po jaderné havárii. Ta se může projevovat na vzdálenost desítek až stovek km. Do těchto vzdáleností se mohou zanášet radioaktivní částice vyvolávající radioaktivní kontaminaci terénu. Naproti tomu, průběh kontaminace vzniklé v důsledku chemických havárií a úniků škodlivin ovlivňuje přízemní vítr.

5.2.2 Atmosférické srážky

Atmosférické srážky vyvolávají velké rozdíly v úrovni kontaminace. Déšť vymývá radioaktivní spad z atmosféry. To může způsobit vznik tzv. horkých míst, kde úroveň kontaminace bude několikanásobně vyšší než by byla při vypadávání radioaktivních látek bez vlivu atmosférických srážek. Při dlouhotrvajících nebo silných srážkách naopak dochází ke snížení úrovně kontaminace, a to proto, že radioaktivní částice tvořící povrchovou kontaminaci terénu a objektů jsou odplavovány z povrchu podloží nebo se vsakují do půdy. Při sněžení dochází ke snižování intenzity záření v důsledku stínícího účinku vrstvy sněhu, která radioaktivní spad překryla. [4]

Vysoké hodnoty relativní vlhkosti vzduchu vyvolávají postupné navlhání. To má za následek zvětšování hmotnosti radioaktivního prachu a zkracování radioaktivní stopy. Délku trvání kontaminace ovzduší mohou nepříznivě ovlivnit často se vyskytující mlhy a nízká inverzní oblačnost na jaře, na podzim a v zimě.

5.3 Vliv meteorologických podmínek na vývoj radiační situace při jaderném konfliktu

5.3.1 Světelné záření

Šíření světelného záření ovlivňuje průzračnost atmosféry, která je určena dohledností. Světelné záření se postupně zeslabuje v důsledku pohlcování a rozptylování energie záření v ovzduší. Světelné záření nejvíce pohlcují vodní páry, kyslík, kysličník uhličitý a ozón. Rozptyl naopak způsobují molekuly vzduchu a zejména prach, kouř, mlha a atmosférické srážky.

Při dohlednosti nižší než 1-2 km (mlha, husté kouřmo) jsou poloměry zasažení světelným zářením menší než poloměry zasažení osob tlakovou vlnou. Při těchto podmínkách ztrácí světelné záření úlohu samostatného ničivého faktoru. Při jaderném výbuchu nad souvislou oblačností nebo v oblačné vrstvě se účinek světelného impulsu u země značně zmenšuje. To se děje především v důsledku pohlcování a odražení části světelné energie oblačností zpět do světového prostoru.

Světelné záření může být u země zeslabeno 10 až 20krát při jaderném výbuchu nad nízkou (inverzní) oblačností o tloušťce 300-500 m. V případě jaderného výbuchu pod hustou souvislou oblačností dochází k tomu, že se světelné záření mnohonásobně odrazí od její spodní základny k podloží, čímž se stupeň ozáření pozemních objektů zvyšuje. Hodnota světelných impulsů pak v takovém případě bývá u země až 1,5krát vyšší v porovnání s bezoblačným, počasím. [4]

5.3.2 Pronikavá radiace

Pronikavá radiace jaderného výbuchu je složena z gama-záření a proudu neutronů. Časově je proud neutronů krátký, taktéž krátké trvání má gama-záření. Při průchodu vzduchem neutrony ztrácí svoji energii, protože dochází k srážkám s jádry atomu kyslíku a dusíku. Zeslabení proudu neutronů je přímo určeno hustotou vzduchu. K nejmenšímu zeslabení dochází v čistém vzduchu, zvětšuje se v zakaleném vzduchu, ve vzduchu obsahujícím vodní kapičky, krystalky ledu, prachu apod. Znatelné zeslabení je však spojeno jednak s průchodem záření mohutnými vrstvami vzduchu, taktéž oblačností či mlhou. V důsledku malé vlnové délky záření gama je jeho rozptyl větší než radiace sluneční. Např. v důsledku molekulárního rozptylu u něj klesá intenzita 2-3krát ve vzdálenosti 250 m od epicentra. Rozptyl se zvětšuje a intenzita klesá ještě více za mlhy a srážek. V situaci, kdy dojde k výbuchu ve velké výšce (řídce a čistý vzduch) je dosah gama-záření větší a bezprostředně ohrožuje posádky letounů ve větších vzdálenostech od výbuchu než například na zemi.

5.3.3 Tlaková vlna

Tlakovou vlnu způsobuje vysoká teplota ohnivé koule a její rychlé zvětšování až do vyrovnání tlaku uvnitř koule s tlakem okolního vzduchu. Tlaková vlna se v reálné atmosféře nešíří kulovitě. Je deformována vertikálními gradienty teploty vzduchu a rychlostí větru. Instabilní zvrstvení účinek tlakové vlny zeslabuje a naopak inverzní charakter průběhu teploty s výškou zesiluje.

Dalším významným poznatkem je skutečnost, že vliv teploty se zesiluje s vlivem vzdušného proudění. Pro případ kladného vertikálního teplotního gradientu (konvekce, viz kapitola Základní pojmy s definice) a zesilujícího větru s výškou se účinek tlakové vlny proti směru větru značně zeslabuje. Naopak při inverzi, sahající od zemského povrchu nad hladinu 300 m a zesilujícím větru s výškou se účinek tlakové vlny ve směru vanoucího větru o desítky procent zvětšuje.

Účinek tlakové vlny rovněž závisí na hustotě vzduchu. Dojde-li například k jadernému výbuchu ve stratosféře, ztrácí se její intenzita tak výrazně, že pro posádky letadel tlaková vlna představuje menší nebezpečí než pronikavá radiace. Podle velikosti vertikálních gradientů teploty vzduchu a větru můžeme určit poloměr ničivého účinku tlakové vlny.

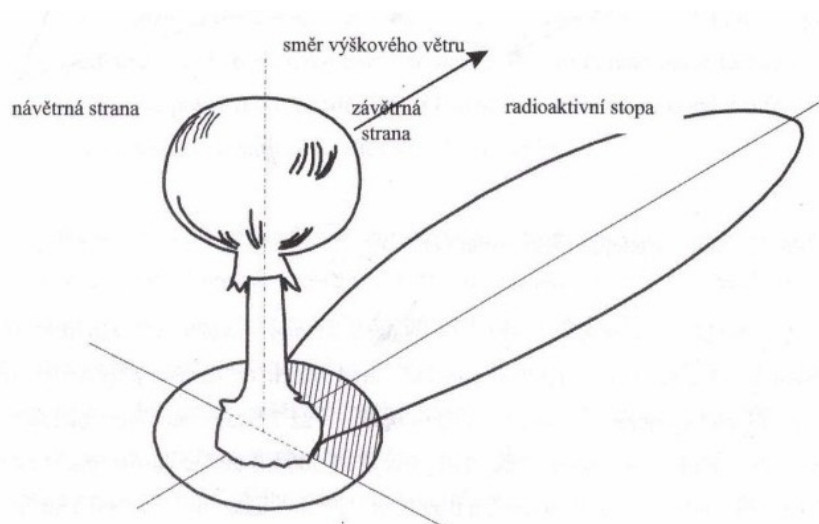
Rozdílné snižování teploty s výškou se především vyskytuje v létě, silné inverze v zimním období. Pro snižování rychlosti větru s výškou jsou zase typické nízké tlakové útvary (sahající do výšek maximálně 5,5 km). Obecně můžeme tvrdit, že na konkrétní důsledky jaderných výbuchů mají vliv fyzikální procesy různého horizontálního a vertikálního měřítka.

5.3.4 Radioaktivní oblak

Radioaktivní oblak se v místě výbuchu formuje jako typický hřibovitý mrak. Jeho vývoj závisí na mohutnosti výbuchu a meteorologických podmínkách, především na teplotním zvrstvení atmosféry. V ohnivé kouli, vznikající v důsledku tepla uvolněného jadernou reakcí, se vyskytují teploty řádově milióny (10^6)°C. V následujících několika sekundách však poklesnou na 2000 až 3000°C. To signalizuje, že tlak v místě výbuchu se s okolním vzduchem vyrovnal. Vlivem vysoké teploty bude mít vzduch podstatně menší hustotu než okolní prostředí a v důsledku Archimédovy síly vznikne výstupný proud, svítící koule se odpoutává od zemského povrchu a počne vystupovat. S rostoucí výškou bude teplota vlivem adiabatického ochlazování, vtahování okolního chladnějšího vzduchu do hřibovitého oblaku a ztrát tepla z vypařování klesat.

Radioaktivní oblak je složen asi z 80% z tuhých částic o poloměru menším než 200 m, které v jeho bezprostředním okolí nevypadávají. Přenosem a usazováním na zemském povrchu dochází k suchému čištění atmosféry. Kromě toho mohou být částice zachyceny vodními kapičkami jak v radioaktivním oblaku, tak i kapičkami přirozených oblaků a po spojení jsou vypadávajícími srážkami strhávány k zemi.

Přenos radioaktivních částic ve *vertikálním směru* je z makrosynoptického hlediska podmiňovaný existencí, intenzitou a rozložením cyklon a anticyklon a charakteristickými pohyby v nich. *Horizontální směr* pohybu radioaktivních částic je určován směrem a rychlostí proudění v určitých vrstvách atmosféry (viz obr. 12). V praxi se k přenosu radioaktivního spadu, resp. analýze stopy radioaktivity využívá střední vítr, jako teoretický vítr určitého směru a rychlosti. Obvykle se stanovuje po vrstvách. [4]



Obr. 12: Vliv výškového větru na šíření radioaktivní stopy [4]

Významným způsobem ovlivňuje intenzitu a charakteristiky případného radioaktivního zamoření ovzduší a terénu *srážková činnost* v atmosféře. Srážky mohou vyvolat urychlené vypadávání radioaktivních částic na zemský povrch a současně je i vymývat do vodních toků a také do hloubky půdy.

Vodní srážky vypadlé na již vytvořenou radioaktivní stopu mohou způsobit vymytí radioaktivních částic z půdy a tak vyvolat místní snížení kontaminace, na jiných místech ale naopak způsobit nahromadění částic a zvýšit radioaktivní kontaminace. Zároveň srážky způsobují kontaminaci vodních toků a zejména jejich břehů. Vydátné sněžení může již vytvořenou radioaktivní stopu překrýt vrstvou sněhu a způsobit nepříliš výrazné snížení hodnot radioaktivity. Později, při rychlém tání sněhové pokrývky může docházet k dodatečné kontaminaci vodních toků a jejich břehů.

Obecně lze předpokládat, že ve dnech s mrholením a při výskytu mlh se radioaktivní kontaminace terénu vytváří delší dobu a její hodnoty budou na relativně menším prostoru vyšší. Na druhé straně po intenzivních srážkách přeháňkového charakteru bude vytváření a setrvávání radioaktivní stopy mnohem nerovnoměrnější. [4]

5.4 Meteorologické zajištění provozu jaderných elektráren

Meteorologická a klimatologická pozorování a měření prováděná v lokalitách českých jaderných elektráren (dále jen JE) jsou pro jejich provoz nezbytnou součástí.

V době před uvedením elektrárny do provozu se provádí měření, která popisují meteorologické resp. klimatologické podmínky v lokalitě před uvedením elektrárny do provozu. Tato měření by se měla provádět minimálně 4 roky před uvedením elektrárny do provozu. Získané údaje slouží pro pozdější ověření případných dopadů provozu JE na okolní klima. Především se jedná o vliv odpadního tepla produkovaného chladícími věžemi elektrárny.

Měření a zpracovávání získaných dat provádějí automatické meteorologické systémy. Naměřená a zpracovaná data se předávají v reálném čase na požadovaná místa provozovatele JE. Pro normální provoz JE stačí přenos dat v periodě 1 hodiny, ale z bezpečnostních důvodů je nastavena trvale krátká perioda 1 minuta, aby byly

eliminovány případné problémy při požadovaných změnách periody předávání dat. Automatické měřicí systémy na observatořích v Dukovanech a Temelíně monitorují měření směru a rychlosti větru, teploty a vlhkosti vzduchu, atmosférického tlaku, výskytu srážek a slunečního svitu, množství srážek a hodnotu radiační bilance zemského povrchu.

Kromě výstupů z automatických meteorologických systémů u obou JE, poskytuje ČHMÚ provozovateli elektráren další specializované produkty. Jedná se o speciální předpověď na základě výpočtů modelu ALADIN (viz 1. kapitola) a výpočet trajektorií přenosu eventuálních havarijních výpustí. Tento výpočet se provádí na vyžádání společnosti ČEZ. Výsledky se zasílají ve formě e-mailů na požadované adresy. [21]



Obr. 13: Meteorologické stožáry v Temelíně (vlevo) a Dukovanech (vpravo) [21]

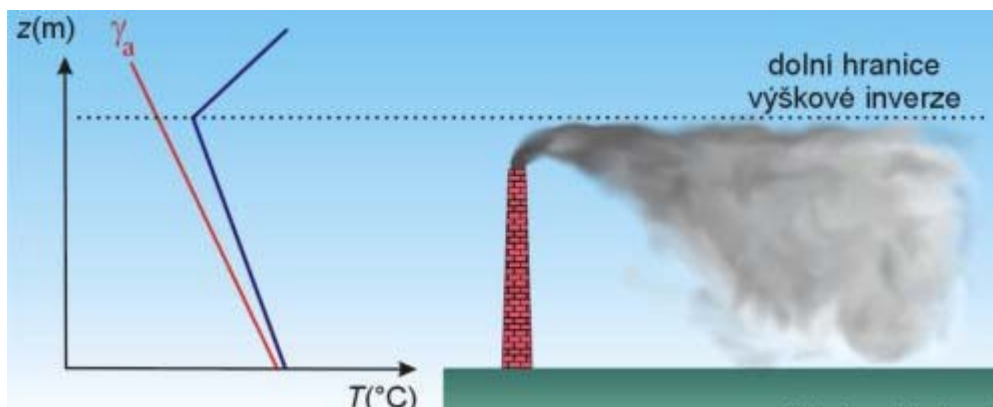


Obr. 14: Automatický senzor počasí FD12P [21]

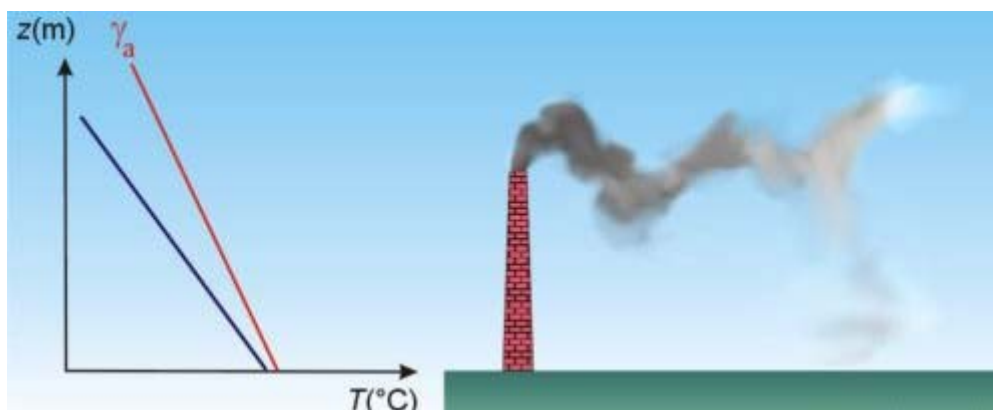
5.5 Vliv meteorologických podmínek na znečišťující antropogenní látky v ovzduší

S rostoucí ekonomickou aktivitou lidské společnosti se zvyšuje množství umělých antropogenních aerosolů v atmosféře - kouř, prach, plyny (viz 4. kapitola).

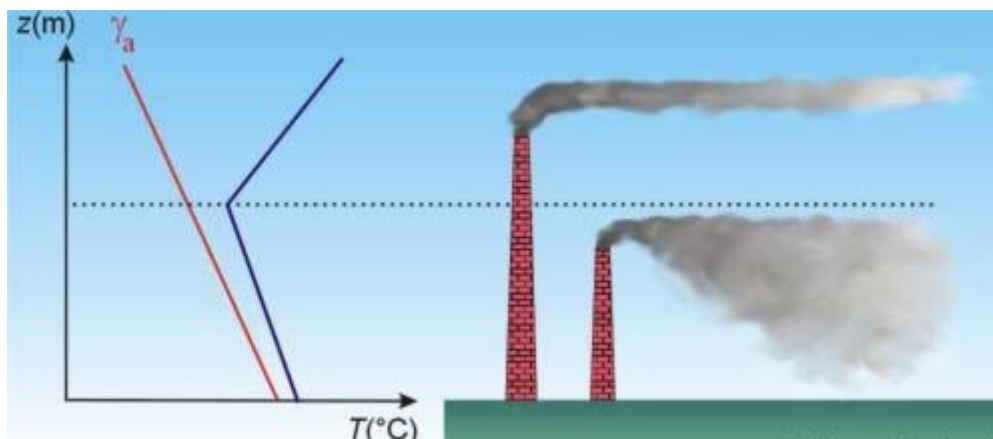
Antropogenní emise jsou mnohem škodlivější než přírodní, protože přírodní emise si příroda dokáže sama zneškodňovat. Mezi hlavní meteorologické faktory, které ovlivňují znečišťující antropogenní látky v ovzduší řadíme zvrstvení spodní troposféry a charakteristiky přízemního větru (viz obrázky 15, 16, 17). [22]



Obr. 15: Odrážení [22]



Obr. 16: Přemetání [22]



Obr. 17: Vliv výšky komína a vertikálního profilu teploty na tvar kouřové vlečky [22]

V celé vrstvě, kde dochází k rozptylu znečišťujících látek, je konstantní vertikální teplotní gradient a to již od zemského povrchu.

třída stability	vertikální teplotní gradient [°C na 100 m]	popis
I. superstabilní	$\gamma < -1,6$	silné inverze, velmi špatné rozptylové podmínky
II. stabilní	$-1,6 \leq \gamma < -0,7$	běžné inverze, špatné rozptylové podmínky
III. izotermní	$-0,7 \leq \gamma < 0,6$	slabé inverze, izotermie nebo malý kladný teplotní gradient, často se vyskytující mírně zhoršené rozptylové podmínky
IV. normální	$0,6 \leq \gamma \leq 0,8$	indiferentní teplotní zvrstvení, běžný případ dobrých rozptylových podmínek
V. konvektivní	$\gamma > 0,8$	labilní teplotní zvrstvení, rychlý rozptyl znečišťujících látek

Obr. 18: Stabilitní klasifikace rozptylových podmínek v atmosféře [23]

5.6 Rozptylové podmínky podle stabilitní klasifikace Bubníka a Koldovského

Stabilitní klasifikace podle Bubníka a Koldovského rozděluje rozptylové podmínky do pěti tříd a to do tří tříd stabilních, jedné třídy normální a jedné třídy labilní.

I. třída stability - superstabilní

Vertikální teplotní gradienty jsou menšími než $-1,6^{\circ}\text{C}/100\text{m}$. Rozptyl znečišťujících látek v ovzduší je velmi malý nebo téměř žádný. Kouřové vlečky jsou od zdrojů viditelné do velké vzdálenosti. Koncentrace jsou při zemi nízké a ve vlečce velmi vysoké. Z tohoto důvodu jsou v této třídě stability počítány absolutní maxima koncentrací ve vyvýšených polohách (vzhledem k efektivní výšce komína). Pro prach ale tohle pravidlo platí i v rovině (jako důsledek pádové rychlosti částic).

II. třída stability – stabilní

Vertikální teplotní gradienty jsou od $-1,6$ do $-0,7^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$. Rozptylové podmínky jsou stále nepříznivé, i když lepší než v I. třídě stability.

III. třída stability – izotermní

Vertikální teplotní gradienty jsou od $-0,6$ do $+0,5^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$ (vertikální teplotní gradient se pohybuje kolem nuly, teplota s výškou se mění jen málo). Vylepšují se rozptylové podmínky. Tahle třída je přechodem mezi stabilními třídami a třídou normální.

IV. třída stability – normální

Vertikální teplotní gradienty jsou od $+0,6$ do $+0,8^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$. Rozptylové podmínky jsou dobré. Je to nejčastěji se vyskytující třída stability v atmosféře (v rovině a málo nebo mírně zvlněné krajině). Z tohoto důvodu ji nazýváme normální třída. Část její četnosti výskytu se však ve zvlněné krajině přesouvá do III. třídy stability.

V. třída stability – konvektivní

Zde jsou nejlepší rozptylové podmínky (vertikální teplotní gradient je větší než $+0,8^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$). V důsledku intenzivních vertikálních konvekčních pohybů se ale mohou vyskytnout v malých vzdálenostech od zdroje vysoké koncentrace. [23]

Četnost výskytu jednotlivých tříd stability je různá, I. třída stability se vyskytuje s četností 5 až 10 %, II. třída s četností 10 až 25 %, III. třída s četností 25 až 35 %, IV. třída s četností 30 až 40 % a V. třída s četností 5 až 15 %.

Největší četnost výskytu v rovinném terénu má IV. třída stability, v kopcovitém terénu vzrůstá četnost výskytu stabilních tříd (I., II.) a V. třída na úkor IV. třídy, ve velmi úzkých údolích i na úkor četností výskytu III. třídy. Četnost výskytu jednotlivých tříd stability se může v konkrétních případech významně lišit. [23]

6 LEGISLATIVNÍ RÁMEC A SYSTÉM OCHRANY PŘED ŠÍŘENÍM NEBEZPEČNÉ LÁTKY V OVZDUŠÍ V ČR (EU)

Základní právní normou upravující hodnocení a řízení kvality ovzduší je zákon č. 86/2002 Sb., o ochraně ovzduší, v platném znění. Dále podrobnosti specifikuje nařízení vlády č. 597/2006 Sb., o sledování a vyhodnocování kvality ovzduší (dále jen nařízení). Nařízení stanovuje přípustné úrovně znečištění ovzduší (imisní limity, cílové imisní limity a dlouhodobé imisní cíle) pro celkem třináct znečišťujících látek, které mají prokazatelně škodlivé účinky na lidské zdraví, ekosystémy a vegetaci. Souhrnná informace o kvalitě ovzduší za uplynulý rok je každoročně předkládána členům vlády a dále zveřejňována na stránkách ministerstva životního prostředí.

6.1 Legislativa a metodické pokyny

6.1.1 Předpisy ČR

Základním právním předpisem v oblasti ochrany ovzduší je zákon č. 86/2002 Sb., o ochraně ovzduší. Ten je doplněn celou řadou prováděcích předpisů ve formě nařízení vlády nebo vyhlášek MŽP. Zákon stanoví zejména práva a povinnosti provozovatelů zdrojů znečišťování ovzduší, nástroje ke snižování množství látek, které znečišťují ovzduší, poškozují ozonovou vrstvu a působí klimatické změny, působnost správních orgánů a opatření k nápravě a sankce.

6.1.2 Předpisy EU

Řada povinností v oblasti ochrany ovzduší má svůj základ v předpisech Evropské unie, zejména v tzv. směrnici. Tou nejdůležitější je rámcová směrnice č. 96/62/EC o hodnocení a řízení kvality ovzduší, která je doplněna čtyřmi tzv. dceřinými směrnicemi. Tyto směrnice stanoví zejména limity pro znečištění ovzduší, způsob hodnocení a informování veřejnosti o kvalitě ovzduší. Tyto směrnice budou od roku 2010 nahrazeny směrnicí 2008/50/ES o kvalitě vnějšího ovzduší a čistším ovzduší pro Evropu. Dalším podstatným předpisem je tzv. směrnice o národních emisních stopech (č. 2001/81/ES). [9]

6.2 Zákony a vyhlášky

Úplné znění zákona č. 86/2002 Sb., o ochraně ovzduší a o změně některých dalších zákonů (zákon o ochraně ovzduší) ve znění pozdějších předpisů

Základní právní normou upravující způsob řízení a hodnocení kvality ovzduší je zákon č. 86/2002 Sb., o ochraně ovzduší. Zákon o ochraně ovzduší uvádí, že řízení a posuzování kvality ovzduší se provádí na úrovni zón a aglomerací. Jako zóny byly definovány všechny kraje s výjimkou Moravskoslezského, který je stejně jako Hlavní město Praha a město Brno definován jako aglomerace.

Vyhláška č. 553/2002 Sb., kterou se stanoví hodnoty zvláštních imisních limitů znečišťujících látek, ústřední regulační řád a způsob jeho provozování včetně seznamu stacionárních zdrojů podléhajících regulaci, zásady pro vypracování a provozování krajských a místních regulačních řádů a způsob a rozsah zpřístupňování informací o úrovni znečištění ovzduší veřejnosti

Zákon č. 100/2001 Sb., o posuzování vlivů na životní prostředí a o změně některých souvisejících zákonů (zákon o posuzování vlivů na životní prostředí), ve znění zákona č. 93/2004 Sb., zákona č. 163/2006 Sb. a zákona č. 186/2006 Sb.

Platná právní norma: Zákon č.353/1999 Sb.

Zákon o prevenci závažných havárií způsobených vybranými nebezpečnými chemickými látkami a chemickými přípravky a o změně zákona č. 425/1990 Sb., o okresních úřadech, úpravě jejich působnosti a o některých dalších opatřeních s tím souvisejících, ve znění pozdějších předpisů, (zákon o prevenci závažných havárií) ve znění zákona 258/2000 Sb.

K zákonu 353/1999 Sb. náleží nařízení a vyhlášky, jejich obsah vyplývá z jejich názvů:

Nařízení vlády č. 6/2000 Sb., kterým se stanoví způsob hodnocení bezpečnostního programu prevence závažné havárie a bezpečnostní zprávy, obsah ročního plánu kontrol, postup při provádění kontroly, obsah informace a obsah výsledné zprávy o kontrole.

Vyhláška Ministerstva životního prostředí č. 7/2000 Sb., kterou se stanoví rozsah a způsob zpracování hlášení o závažné havárii a konečné zprávy o vzniku a následcích závažné havárie.

Vyhláška Ministerstva životního prostředí č. 8/2000 Sb., kterou se stanoví zásady hodnocení rizik závažné havárie, rozsah a způsob zpracování bezpečnostního programu prevence závažné havárie a bezpečnostní zprávy, zpracování vnitřního havarijního plánu, zpracování podkladů pro stanovení zóny havarijního plánování a pro vypracování vnějšího havarijního plánu a rozsah a způsob informací určených veřejnosti a postup při zabezpečování informování veřejnosti v zóně havarijního plánování.

Vyhláška Ministerstva vnitra č. 383/2000 Sb., kterou se stanoví zásady pro stanovení zóny havarijního plánování a rozsah a způsob vypracování vnějšího havarijního plánu pro havárie způsobené vybranými nebezpečnými chemickými látkami a chemickými přípravky.

Zákon č. 164/2010 Sb., kterým se mění zákon č. 695/2004 Sb., o podmínkách obchodování s povolenkami na emise skleníkových plynů a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů. [5]

6.3 Ochrana ovzduší

V devadesátých letech 20. století bylo na snížení emisí (především z velkých elektráren) v České republice investováno mnoho finančních prostředků, čímž došlo k výraznému zlepšení kvality ovzduší. Do té doby v některých regionech patřila k nejhorším na světě. Nárůst dopravy a rozvoj průmyslu po roce 2000 způsobily, že se kvalita ovzduší v České republice začala opět zhoršovat. V nezanedbatelné míře k tomu přispívá také neodpovědné chování lidí, kteří k topení v domácnostech používají nekvalitní paliva či dokonce komunální odpad a vypouští tak do ovzduší nebezpečné látky. V současné době největší problém představuje jemný prach. Ministerstvo životního prostředí v roce 2007 zpracovalo *Národní program snižování emisí ČR*, který následně schválila vláda. Tento dokument obsahuje důležitá opatření, která přispějí ke zlepšení současného stavu a k ochraně životního prostředí a zdraví lidí. [10]

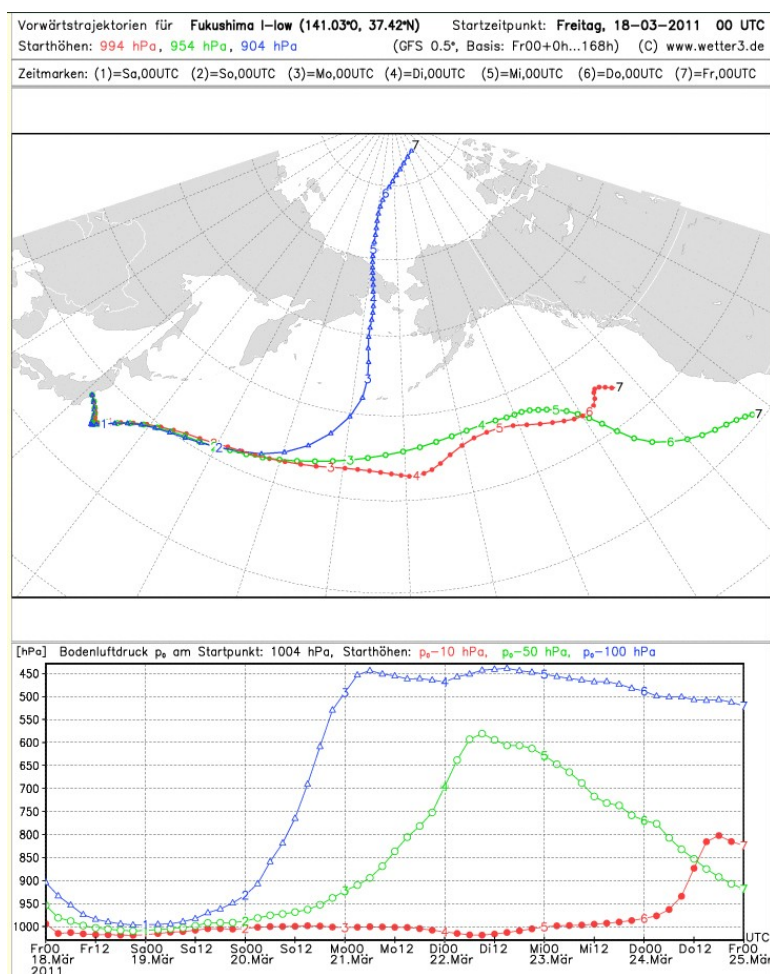
6.4 Národní program snižování emisí ČR

Dokument Národní program snižování emisí České republiky (NPSE) představuje základní koncepci v oblasti ochrany ovzduší. Byl schválen dne 11. června 2007 usnesením vlády České republiky č. 630. Cílem NPSE je snížit rizika pro lidské zdraví, snížit zátěž životního prostředí látkami poškozujícími vegetaci a ekosystémy a vytvořit předpoklady pro regeneraci poškozených složek životního prostředí a pro snižování. V souvislosti s těmito cíli je kladen důraz na podporu nových environmentálně šetrných technologií a využití potenciálu energetických úspor. Účelem této koncepce je zamezení výše uvedených rizik, která plynou ze znečištění ovzduší a tím přispět k naplnění cíle Environmentálního pilíře Strategie udržitelného rozvoje České republiky. [10]

7 ZÁVĚR

Předkládaná bakalářská práce se v podstatné části věnuje problémům studia vlivu hlavních meteorologických faktorů na šíření kontaminovaného prostředí. Tato kontaminace může být vyvolána chemickými haváriemi, poruchou zařízení jaderné energetiky, požáry průmyslových zařízení či smogovými situacemi. Události z posledních týdnů doma (požár průmyslového zařízení v Chropyni, výbuch chemického provozu v Pardubicích) i ve světě (Japonsko) nám ukázaly, jak citlivá je lidská civilizace na následky těchto katastrof.

Obr. 19 prezentuje modelové trajektorie šíření stopy radioaktivního zamoření v prvních dnech po narušení ochranného pláště jaderné elektrárny Fukushima následkem zemětřesení a vln tsunami. Globální modely tohoto typu umožňují sledovat předpokládanou stopu kontaminovaného prostředí, podrobně monitorovat úroveň případného zamoření a následně umožnit odpovědným vládním orgánům přijímat opatření k ochraně obyvatelstva v potenciálně postižených oblastech.



Obr. 19: Výstup z amerického modelu GFS pro předpověď šíření radioaktivní stopy z japonské elektrárny Fukushima [16]

Celosvětová spolupráce v otázkách monitorování úrovně kontaminace ovzduší radioaktivními, biologickými a chemickými látkami je prioritou současnosti. Zvláště katastrofa v Japonsku ukázala, že světová civilizace stojí na rozhraní volby, jakou cestou z hlediska energetických zdrojů budoucnosti se vydat. Pokračovat v koncepci rozvoje jaderné energetiky, nebo zvolit jiné alternativní zdroje, které ovšem z hlediska výkonnosti světovou spotřebu pravděpodobně nepokryjí.

Do rámce těchto úvah plně spadají i otázky monitorování a modelování atmosférických procesů a celý legislativní rámec norem a zákonů ochrany životního prostředí, které jak v rámci Evropské unie, tak v celosvětovém kontextu musí najít společný průnik.

8 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] OBRUSNÍK, Ivan. Úloha Českého hydrometeorologického ústavu v krizových situacích způsobených především přírodními vlivy. *Počasí: Moderní předpovědní metody, prevence a snižování následků katastrof*. 2002, 1, s. 3-7.
- [2] BEDNÁŘ, Jan; ZIKMUNDA, Otakar. *Fyzika mezní vrstvy atmosféry*. Praha: Academia, 1985. 245 s.
- [3] *Terminologický slovník - krizové řízení a plánování obrany státu* [online]. 2010 [cit. 2011-03-14]. Mimořádné události. Dostupné z WWW: <<http://www.mvcr.cz/clanek/terminologicky-slovník-krizove-řízení-a-planování-obranystátu.aspx>>.
- [4] ZEMAN, Miroslav; KONÍČEK, Dušan. *Meteorologické zabezpečení monitorování radiační a chemické situace*. Praha: Ministerstvo obrany, 2001. 267 s.
- [5] *Ministerstvo životního prostředí České republiky* [online]. 2011 [cit. 2011-02-14]. Platná legislativa. Dostupné z WWW: <<http://www.mzp.cz/www/platnalegislativa.nsf/d79c09c54250df0dc1256e8900296e32/ed2986242760af40c125754b003bb44a?OpenDocument>>.
- [6] KROUPA, Miroslav. *Chování obyvatelstva v případě havárie s únikem nebezpečných chemických látek* [online]. Praha 4 : Ministerstvo vnitra, 2004 [cit. 2011-02-14]. Dostupné z WWW: <<http://www.mvcr.cz/clanek/chování-obyvatelstva-v-případě-havárie-s-unikem-nebezpečných-chemických-látek.aspx>>.
- [7] MIKA, Otakar; MAŠEK, Ivan; ZEMAN, Miloš. *Prevence závažných průmyslových havárií*. Brno: Fakulta chemická, Vysoké učení technické v Brně, 2006. 92 s.
- [8] MIKA, Otakar; PATOČKA, Jiří. *Ochrana před chemickým terorismem*. České Budějovice: Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích Zdravotně sociální fakulta, 2007. 107 s.
- [9] *Ministerstvo životního prostředí* [online]. 2011 [cit. 2011-02-19]. Dostupné z WWW: <http://www.mzp.cz>
- [10] *Ministerstvo životního prostředí* [online]. 2011 [cit. 2011-02-19]. Ochrana ovzduší. Dostupné z WWW: <<http://www.mzp.cz/cz/ovzdusi>>.
- [11] *Wikipedie* [online]. 2011 [cit. 2011-02-20]. Znečištění ovzduší v České republice. Dostupné z WWW: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Zne%C4%8Di%C5%A1t%C4%9Bn%C3%AD_ovzdu%C5%A1%C3%AD_v_%C4%8Cesk%C3%A9_republice>.
- [12] SLÁBOVÁ, Markéta. *Tvorba a ochrana životního prostředí*. České Budějovice: Vysoká škola evropských a regionálních studií, 2006. 238 s. ISBN -80-86708-29-2.

- [13] BUCKLEY, Bruce; J. HOPKINS, Edward; WHITAKER, Richard. *Počasí: Velký obrazový průvodce*. Praha 4 : REBO productions, 2006. 303 s.
- [14] SYMON, Karel; BENCKO, Vladimír. *Znečištění ovzduší a zdraví*. Praha 1: Avicenum, 1988. 250 s.
- [15] WAYNE, P. Richard. *Chemistry of Atmospheres*. Third Edition. Oxford: University Press, 2006. 775 s. ISBN 0-19-850375-X.
- [16] *Wetter3* [online]. 2011 [cit. 2011-05-03]. Spezielle Trajektorienkarten. Dostupné z WWW: <http://www2.wetter3.de/traj_spezial.html>.
- [17] *Slovník cizích slov* [online]. 2011 [cit. 2011-05-03]. Dostupné z WWW: <<http://www.slovník-cizich-slov.cz/izotermie.html>>.
- [18] BEDNÁŘ, Jan a kol. *Meteorologický slovník výkladový terminologický*. ACADEMIA. Praha 1993. 594 s.
- [19] KNOZOVÁ, Gražyna; HORA, Petr. Vyhodnocení meteorologických podmínek doprovázejících smogové epizody v České republice. *Meteorologické zprávy: Meteorological bulletin*. 2010, 63, 1, s. 21-28. ISSN 0026-1173.
- [20] MATOUŠEK, Jiří. *Počasí, podnebí a člověk*. Praha 1: Avicenum, 1988. 293 s.
- [21] VOZOBULE, Vladimír. Meteorologické zajištění provozu jaderných elektráren. *Počasí: Moderní předpovědní metody, prevence a snižování následků katastrof*. 2002, 1, s. 54 - 60.
- [22] VYSOUDIL, M. *Ochrana ovzduší (skriptum)*. Olomouc: Vydavatelství Univerzity Palackého, 2002. 114 s. ISBN 80-244-0400-1.
- [23] BUBNÍK, Jiří a kol. *SYMOS 97: Systém modelování stacionárních zdrojů*. 1. Praha 5: Český hydrometeorologický ústav, 1998. 67 s. ISBN 80-85813-55-6.
- [24] LANE, D. A. *The fate of toxic airborne pollutants*. Environmental Science and Technology, 1988.

9 SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

ČHMÚ	Český hydrometeorologický ústav
PVS	Předpovědní a výstražné služby
CPP	Centrální předpovědní pracoviště
RPP	Regionální předpovědní pracoviště
IZS	Integrovaný záchranný systém
NPSE	Národní program snižování emisí
OL	Otravné látky
JE	Jaderná elektrárna